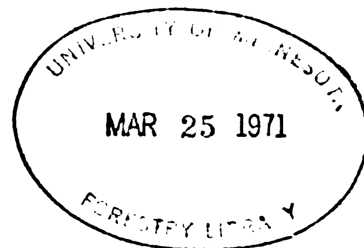

REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA
OMNIBUS




# Allgemeine Forst- und Jagdzeitung

Unter Mitwirkung der

Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br. und Hann. Münden

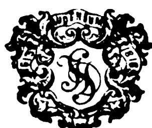
herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Freiburg im Breisgau

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Göttingen

**141. Jahrgang**

**1970**



**J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main I**

Satz und Druck: Graphische Kunstanstalt W. Herr, Gießen
Printed in Germany

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG



INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



141. JAHRGANG 1970 HEFT 1 JANUAR

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 3804, Vorwahl 06152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



**Titelbogen und Inhaltsverzeichnis** zum 140. Jahrgang der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung können aus technischen Gründen leider erst dem Heft 2 dieses Jahrganges beigelegt werden.

**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 1 des 141. Jahrganges sind:**

Forstmeister M. Förster, Institut für Waldbau-Grundlagen, 351 Hann. Münden, Schloß

Reg. Forstdirektor Werner Klöck, 87 Würzburg, Silcherstraße 35

Professor Dr. E. Oberdorfer, Direktor der Landessammlungen für Naturkunde, 75 Karlsruhe, Erbprinzenstraße 13

Professor Dr. B. Ulrich, 351 Hann.-Münden, Mitscherlichstraße 3

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Oberforstmeister Dozent Dr. H. D. Brabänder, 44 Münster, Lüdinghauser Straße 11

Dr. Zlatko Gračanin, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Professor Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

**Übersetzungen**

der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Die pflanzensoziologischen Kriterien von Waldgesellschaften und deren Ordnungssystem

Von E. OBERDORFER, Karlsruhe*)

### Der Wald, eine Lebensgemeinschaft

Wer sich mit Forstleuten über die Brauchbarkeit pflanzensoziologischer Methoden als Hilfsmittel des Waldbaus unterhält, begegnet häufig dem sehr populären Einwand: Wie sollen denn eure Kräuter und Moose etwas über die Bäume aussagen können, da sie doch unter ganz anderen Lebenshaushalt-Bedingungen in einer anderen Bodenschicht wurzeln als viele unserer Baumarten?

Bevor wir also die Frage beantworten wollen, wie die Vegetationskunde im Walde am wirkungsvollsten zur Beurteilung forstlicher Probleme herangezogen werden kann, muß zunächst die Kardinalfrage geklärt werden, ob der Wald mit allen seinen Pflanzenschichten überhaupt als ökologische Einheit betrachtet werden darf, oder ob er nicht, wie es GAMS formuliert hat, nur eine topographische Einheit ist, deren verschiedene, aus Kräutern oder Sträuchern gebildete Schichten sozusagen ein Sonderleben führen und wie GAMS meint, austauschbar sind oder sogar selbständig auftreten können, so daß es demnach irreführend wäre mit Notwendigkeit zwischen Bodenvegetation und Bäumen einen Zusammenhang anzunehmen.

Lassen Sie mich von den vielen Einwänden, die gegen eine solche skeptische Auffassung geltend gemacht werden können, nur die Wichtigsten herausstellen:

1. Die Hauptnährschichten unserer Bäume und unserer Waldpflanzen sind in viel höherem Ausmaß identisch, als es vielleicht scheinen mag. Die meisten Waldkräuter wurzeln (wie es z. B. die gründlichen finnischen Untersuchungen von KIVENHEIMO 1947 gezeigt haben) erstaunlich tief. Umgekehrt bildet auch für unsere tiefwurzelnden Bäume mit der Hauptmasse ihrer Feinwurzeln die Hauptnährschicht der Oberboden (vgl. dazu z. B. die Arbeiten von KOESTLER, BRÜCKNER u. BIBELRIETHER 1968, EHWALD 1955, KERN, MOLL u. BRAUN 1961 u. a.).

2. Natürlich gibt es Waldpflanzen, die unter sehr verschiedenen Baumarten gleich gut gedeihen oder sogar außerhalb des Waldes etwa am Fuß einer schattigen Felswand vorkommen. Ihre Vergesellschaftung mit anderen Arten ist aber stets eine andere. Und nur wenn man sich bei der Beurteilung der Waldbodenvegetation allein von dominanten Arten (wie es GAMS tut) leiten läßt, kann man zur Vorstellung der Unabhängigkeit dieser Vegetation von den Baumarten kommen.

3. Jeder Eingriff in das Baumgefüge verändert auch das qualitative und quantitative Gefüge der unterstehenden Moos-, Kraut- und Strauch-Vegetation. Jeder mechanische Eingriff in die Krautvegetation, z. B. durch Streunutzung oder Mahd verändert die Struktur des Oberbodens und wirkt sich auf den Zuwachs der Bäume aus.

4. Jeder Änderung im Bild des Waldunterwuchses folgt im allgemeinen eine mehr oder weniger tiefreichende Veränderung des Bodenprofiles.

5. Die Praxis der finnischen Reichswaldtaxation hat schließlich schon vor 30 Jahren gezeigt, daß eine eindeutige Koinzidenz zwischen Bodenvegetation und Holzertrag besteht. Dem entspricht der bereits für jeden aufmerksamen Beobachter sinnfällige Eindruck, daß die Wüchsigkeit der Bäume mit dem Aussehen der Bodenvegetation wechselt. — Eine lückenlose Identität ist nicht zu erwarten, da der Ertrag auch von mechanischen Eingriffen, wie pflegliche Maßnahmen beeinflußt wird.

Diese wenigen Hinweise mögen genügen, um plausibel zu machen, daß wir wohl berechtigt sind, von einer Waldgesellschaft als einer ökologischen Einheit zu reden, in dem ein Glied vom anderen abhängt. — Dabei sollte das Wort „Ökologische Einheit" richtig verstanden werden. Es bedeutet nicht, daß der Wald ein Organismus ist, sondern, daß er — um es einfach auszudrücken, wie es Altmeister FEUCHT getan hat, eine „Lebensgemeinschaft" ist, oder um es moderner zu sagen: ein organisiertes Wirkungsgefüge, ein Reglersystem, vielleicht also eine Vorstufe des Organismischen, aber doch ohne scharfe Grenzen und der Veränderlichkeit unterworfen!

Die Bezeichnung „Ökologische Einheit" ist damit auch insofern einzuschränken, als an diesem Wirkungsgefüge nicht nur die Standortsfaktoren (Wasser, Temperatur, Chemismus, Licht, Mechanik), sondern auch historische Gegebenheiten mitwirken. Eine Pflanze mit bestimmten Wuchsformen und bestimmtem Konkurrenz-Vermögen kann aus Gründen des historischen Zufalls an einem Wuchsort fehlen, an dem sie ökologisch möglich wäre. Umgekehrt erleben wir sozusagen täglich, wie sich durch Einbürgerung einer seither ortsfremden Pflanze, wozu auch subspontane Holzarten, wie *Castanea sativa* in Südwest-Deutschland gehören, das Gefüge der Pflanzengesellschaften verändern kann.

### Die Vegetation als indirektes Meßinstrument

Ist also der Wald, wie jede Pflanzengesellschaft etwas Wandelbares, so wird ihr reales Gefüge doch im wesentlichen durch ökologische Faktoren geregelt. Sie ist ein Abbild des aktuellen Standortshaushaltes.

Wenn ich also die Sprache der an einem Standort von Natur aus wachsenden Pflanzen kenne, so kann ich diese Pflanzen als indirektes Meßinstrument der Bedingungen verwenden, die für die qualitative und quantitative Produktion aller Pflanzen, auch der Bäume, am gegebenen Standort von Bedeutung sind.

Dabei ist klar, daß ich, je vollständiger ich das Arteninventar erfasse, wie im Brennpunkt eines Strahlenbündels, ein um so genaueres Bild erhalte. Und es ist notwendig, daß die Aussagebedeutung der Pflanzen bekannt ist. Vieles ergibt sich aus der vergleichenden Anschauung, Sicherheit und letzte Klarheit kann aber nur durch die ökologische Messung und Eichung gewonnen werden, die eine unabdingbare Voraussetzung jeder angewandten Pflanzensoziologie ist.

Schließlich ergibt sich ein Verfahren, das nicht mehr wie die klassische Ökologie vom vorgefaßten Standort, wie es in der Forstwirtschaft bei der Einteilung der Standorte nach Hangneigung, Hanglage u. ähnl. zum Teil heute noch üblich ist, sondern primär von der Pflanzenwelt ausgeht und diese zur Beurteilung des Standortes und seiner Möglichkeiten heranzieht. Es enthebt uns auch der jeweils erneuten und mühseligen Erhebung der direkten Faktoren, z. B. der Wasserverhältnisse oder der chemischen Zustände. Das Verfahren ist früh erkannt und, worauf GRADMANN hingewiesen hat, auch früh karikiert worden. Ich führe das Bild aus den Fliegenden Blättern von 1893 deshalb an, weil ich meine, daß CHRISTIAN MORGENSTERN nicht ganz unrecht hat, wenn er meint, daß das Paradoxon den Steg zur Wahrheit bilde. „Binsen, Kuhblumen, Vergißmeinnicht, sollte ich etwa in einen Sumpf geraten sein."

Das Verfahren ist schließlich praktisch nur dann anwendbar, wenn die Waldgesellschaften mit bestimmten Pflanzenarten immer gleicher ökologischer Ansprüche zu Bildern zusammenzutreten, die sich wiederholen, die also typisierbar und damit reproduzierbar

*) Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für forstliche Vegetationskunde in Nürnberg, am 13. September 1968.

sind. — Tatsächlich ist es eine weltweite Anschauungserfahrung, daß sich Pflanzenarten nicht gleitend mischen, sondern, mit den äußeren Bedingungen sinnfällig wechselnd, in oft sehr scharf abgegrenzten Pflanzengesellschaften innerer Gleichartigkeit auftreten.

### Waldgesellschaft und Assoziation

Damit haben wir einen entscheidenden Punkt unserer Betrachtung erreicht. Wenn wir auf Grund des Pflanzenarten-Gehaltes typisierend gliedern, welches sollen dann die Kriterien für eine Begriffseinheit der Pflanzengesellschaft bilden? Es liegt auf der Hand zu deklarieren, wie es auch der Botaniker-Kongreß von 1910 getan hat, daß wir alle Pflanzenbestände mit der größtmöglichen floristischen Ähnlichkeit in einem solchen Grundbegriff, den wir Assoziation nennen, zusammenfassen.

Die praktische Erfahrung zeigt aber, daß ein solches Vorgehen zu einer schwer zu ordnenden, schwer überschaubaren und damit zu reproduzierenden Fülle von Grundbegriffen führen müßte. Vegetationseinheiten sind zwar im allgemeinen deutlich abgegrenzt, aber ebenso oft wechselt der Artengehalt in übereinandergreifenden Stufen.

Besser bewährt hat sich deshalb ein durch BRAUN-BLANQUET erweiterter, auf das Prinzip treuer Arten, den Charakterarten, aufgebauter Assoziationsbegriff, der nur den praktischen Nachteil hat, im allgemeinen nicht in allen seinen zugehörigen Pflanzenbeständen floristisch und damit ökologisch einheitlich zu sein.

Man hat deshalb in den letzten Jahren versucht unter dem Gesichtspunkt der Praxis die vegetationskundlichen Begriffe wieder einzuengen, ohne damit, wie ich meine, Entscheidendes gewonnen zu haben!

Bevor ich deshalb den klassischen Assoziationsbegriff BRAUN-BLANQUET's, der mir auch für die praktischen Zwecke, wenn man ihn richtig benutzt, immer noch der relativ beste zu sein scheint, erläutere, darf ich kurz auf die sehr modernen Versuche eingehen, die Vegetationskunde in einer möglichst Praxis-bezogenen Form anzuwenden.

### Praxis-angepaßte Methoden der Vegetationsauswertung

So haben z. B. SCAMONI und PASSARGE einen Assoziationsbegriff entwickelt, in dem Pflanzengesellschaften von größt möglicher Ähnlichkeit zusammengestellt werden. Er wird definiert durch die Kombination pflanzensoziologischer Artengruppen, die statistisch ermittelt werden und die dann auch erlauben die Assoziationen zu höheren Einheiten zusammenzufassen. Die jüngst von H. PASSARGE und G. HOFMANN publizierte Zusammenstellung der Waldgesellschaften des Nordostdeutschen Flachlandes (1968) zeigt aber deutlich, daß wir damit nur wieder in die Anfangsgründe der Entwicklung des Assoziationsbegriffes zurückgeworfen werden. Da man zum Wiedererkennen der Waldgesellschaften im Gelände nicht nur die soziologischen Artengruppen, sondern auch deren Kombination im Kopfe haben müßte, ist es für einen Fernerstehenden praktisch unmöglich, sich ohne sehr viel Mühe zurechtzufinden. Die überschaubar einfache Handhabung ist aber für die Praxis mindestens ebenso wichtig wie die möglichst naturnahe, werkgerechte.

Eine andere Methode, wie sie von SCHLENKER in gedanklicher Fortführung von CAJANDER's Bodenvegetationstypen entwickelt wurde, besticht, weil sie entscheidenden Wert gerade auf die einfache Handhabung legt. Sie arbeitet mit ökologischen Artengruppen, wie signifikante Nässezeiger, Nährstoffzeiger oder Säurezeiger usw., die bewußt nur als Hilfsmittel einer komplexen Standorts-Ermittlungs-Methode eingesetzt werden und erheben keinen Anspruch darauf, ein generelles und umfassendes pflanzensoziologisches System darzustellen. Sie bedürfen in jedem Vegetationsgebiet einer neuen Erhebung. Die natürlichen Baumarten werden in dieser Komplex-Methode über den Begriff der Wuchsgebiete eingeführt. Die vegetationskundliche Seite des Verfahrens führt damit auch wieder zu GAMS zurück.

Wir zweifeln nicht an der örtlichen Brauchbarkeit aller dieser Methoden für die Praxis, müssen uns aber doch fragen, ob damit wirklich mehr erreicht und geleistet werden kann, als mit dem erweiterten Assoziationsbegriff, wie er von der Schweizer Schule und gleichzeitig im Prinzip — aber mit anderen, geographischen Zielsetzungen, auch von GRADMANN entwickelt wurde. Sind seine Nachteile, wie die ökologische Unschärfe oder die Anwendbarkeitsgrenzen wirklich so groß, daß sie nicht überwunden werden können? So daß die Praxis ihre eigenen Verfahren, ihre eigene „angewandte Mathematik" entwickeln müßte? Ist die „reine Pflanzensoziologie" wirklich nicht leicht und ohne komplizierte Kunstgriffe der angewandten Pflanzensoziologie anzupassen?

### Das Verfahren auf der Grundlage des Assoziationsbegriffes von Braun-Blanquet

Der erweiterte Assoziationsbegriff ist — wie gesagt — durch die Einführung des Begriffes der Charakterarten oder Kennarten durch SCHROETER und BRAUN-BLANQUET oder der Leitarten, wie GRADMANN formulierte, gekennzeichnet. Nicht die Gesellschaften, die eine floristisch möglichst große Übereinstimmung zeigen, sondern solche, die gewisse ihnen treue Arten, eben die Kennarten aufweisen, bilden die Grundlage der Assoziations-Definition. Die Erarbeitung der Kennarten ist nur möglich, wenn in einer Vegetationsregion, die etwa durch das Zusammentreten bestimmter Waldgesellschaften und sonstiger Pflanzengesellschaften ein einheitliches Gepräge trägt, alle hier vorhandenen Pflanzenkombinationen untereinander verglichen werden.

Die Methode hat sich so sehr bewährt, daß auf den internationalen Botaniker-Kongressen seit 1936 empfohlen wird, die Abstraktion „Assoziation" auf Gesellschaften mit gemeinsamen Charakterarten zu beziehen. In tausenden von Arbeiten wird dieser Assoziationsbegriff heute in aller Welt nicht nur theoretischen, sondern auch praktischen Arbeiten der Vegetationskunde zugrunde gelegt. Es handelt sich zweifellos um ein generell anwendbares Verfahren auf rein induktiver Grundlage und von vielseitiger Ausdeutbarkeit*). Es hat die alte Pflanzengeographie auf eine neue Basis gestellt.

### Als Beispiel der insubrische Eichen-Birkenwald

Um den erweiterten Assoziationsbegriff und was damit zusammenhängt doch zu erläutern — wenn ich auch den meisten von Ihnen nichts Neues erzähle — wähle ich ein Beispiel, das sich mir gerade durch greifbares Unterlagenmaterial anbietet. Es handelt sich um den insubrischen Eichen-Birkenwald im Westen des Südalpenbogens. Er wird heute meist von sekundär eingebrachten, aber subspontan eingebürgerten Eßkastanien beherrscht, zeigt aber mit den stets eingestreuten bodenständigen Eichen in eingealterten Beständen eine ausgewogene naturnahe Struktur. An Felsköpfen und Wegrändern wird er von den auch für andere Eichen-Birkenwaldgebiete charakteristischen Degradations- und Sukzessionsstadien mit Heidekraut und Birken begleitet.

Er hat nun im Vergleich mit allen anderen Waldtypen (Waldassoziationen) der Gegend seine charakteristischen Arten, die ihren Schwerpunkt der Verbreitung — und nichts anderes bedeutet der Begriff der Kennarten — in diesem Waldbild haben. Sie sind in der Tabelle vorausgestellt.

Neben den bezeichnenden Begleitarten, wie *Vaccinium myrtillus* oder *Deschampsia flexuosa*, die auch in den Buchen- und Fichtenwäldern Insubriens vorkommen, zeigt nun die Charakterartengruppe eine interessante Ähnlichkeit mit der Artengarnitur, die

*) Von ihm ging auch der Anstoß zur Gründung der Arbeitsgemeinschaft für forstliche Vegetationskunde vor nahezu 40 Jahren aus.

**Der insubrische Eichen-Birkenwald**
**(Hieracio tenuiflori — Quercetum)**
**Teil-Tabelle**

| | A | | | | | | | | | | B | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aufn. Nr. | 10 | 8 | 3 | Kn | 1 | 9 | 12 | 13 | 4 | 2 | 7 | 11 | 15 | 16 | 5 | 6 | 17 | 14 | 18 |
| **Char. u. Verb. char. arten:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teucrium scorodonia | 2 | + | + | + | + | . | 1 | + | + | + | . | + | 1 | + | + | + | + | . | . |
| Melampyrum pratense ssp. | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | . | + | . | . | + | . | 1 | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Blechnum spicant | + | + | + | . | . | (+) | + | + | + | + | (+) | . | + | . | . | + | . | . | . |
| Holcus mollis | . | (+) | (+) | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | (+) | + | + | + | . | . |
| Viola riviniana | . | . | . | . | (+) | . | . | . | + | + | . | . | . | . | . | 1 | + | . | 1 |
| Hieracium umbellatum | . | . | 1 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | + | . |
| Hieracium laevigatum | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . |
| Hieracium sabaudum ssp. | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | + |
| Lathyrus montanus | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + |
| Hieracium praecox | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| **Geogr. Diff. arten:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Char.) Hieracium silvaticum ssp. tenuiflorum | . | 2 | + | 1 | 1 | + | 1 | 1 | + | 1 | 1 | 1 | + | 2 | 1 | + | 1 | 2 | 1 |
| Vincetoxicum officinale | . | . | . | . | + | . | + | + | + | . | (+) | . | . | . | + | + | . | (+) | . |
| Phyteuma betonicifolium fo. | . | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | + | + | . |
| Quercus pubescens | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . |
| **Edaph. Diff. arten:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (geogr. D.) Luzula nivea | . | . | + | 1 | 2 | 1 | + | + | + | 2 | 3 | 2 | 2 | + | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Corylus avellana | . | . | . | . | . | . | . | (+) | + | + | + | + | +° | (+) | 2 | + | . | + | + |
| Festuca heterophylla | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | 1 | + | + | 1 | + | + | 1 |
| Calamagrostis arundinacea | . | . | . | . | . | . | + | 3 | 1 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Dryopteris oreopteris | . | (+) | . | . | . | . | + | + | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Poa nemoralis | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | + | + |
| **Sonstige Begleiter:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Castanea sativa | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 1 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| Molinia coerulea | 4 | 3 | 2 | + | +° | 1 | 3 | 1 | + | 1 | 3 | 2 | . | 2 | 2 | 2 | 1 | . | 2 |
| Solidago virgaurea | 1 | . | 1 | 1 | 1 | . | 1 | + | 1 | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | + | 1 |
| Pteridium aquilinum | 1 | 2 | 1 | 1 | + | 2 | 1 | + | 3 | 2 | . | . | 2 | 1 | + | + | + | 1 | . |
| Deschampsia flexuosa | + | + | + | . | . | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | . | 1 | 2 | 1 | . | 1 | . | . |
| Vaccinium myrtillus | + | 3 | 3 | 1 | + | 2 | + | 2 | + | 2 | 1 | + | . | . | + | . | . | . | . |
| Rhamnus frangula | + | + | 1 | + | + | + | + | . | + | 1 | + | . | (+) | + | . | . | . | . | . |
| Betula pendula | . | + | + | 1 | . | + | . | + | . | (+) | . | . | + | + | + | . | + | . | . |
| Sarothamnus scoparius | + | +° | +° | + | +° | . | + | . | . | . | +• | . | +• | +• | . | +° | . | . | . |
| Stachys officinalis | + | . | . | . | 1 | . | . | . | + | + | + | . | . | (+) | + | + | + | + | (+) |
| Polytrichum attenuatum | 1 | 3 | . | 1 | . | 3 | . | 2 | . | . | 3 | . | . | 1 | . | 1 | 1 | . | . |
| Calluna vulgaris | +° | +° | . | + | +° | . | +° | +° | . | . | +° | . | . | +° | . | . | . | . | . |
| Quercus petraea | 2 | . | 1 | . | 1 | . | . | . | (+) | + | . | 2 | . | . | 3 | . | . | + | . |
| Quercus robur | + | 4 | . | 1 | . | + | + | . | . | + | . | + | . | 1 | . | . | 4 | . | . |
| Hedera helix | . | . | . | + | . | + | . | 1 | + | + | . | . | + | . | . | . | + | . | . |
| Polypodium vulgare | . | . | . | . | . | + | . | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | + | . |
| Juniperus communis | . | . | . | . | + | (+) | . | (+) | . | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . |
| Leucobryum glaucum | 1 | 1 | . | + | . | . | + | + | . | . | . | . | . | + | . | . | . | . | . |
| Aruncus dioicus | . | . | . | . | . | . | . | . | +° | +• | +° | +° | . | . | . | . | . | . | . |
| Ilex aquifolium | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . |
| Atrichum undulatum | . | +° | . | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . | . |
| Dryopteris borreri | . | . | (+) | . | . | . | . | 1 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Maianthemum bifolium | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Festuca tenuifolia | . | + | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

*A: Hieracio-Quercetum typicum, der Heidelbeer-Eichen-Birkenwald*

*B: Hieracio-Quercetum festucetosum heterophyllae, der Hasel-Eichen-Birkenwald. Seehöhe: 200 - 550 (- 800) m*

wir auch in West- und Nordwesteuropa als Kennarten des Eichen-Birkenwaldes ermittelt haben. *(Teucrium scorodonia, Melampyrum pratense, Blechnum spicant, Holcus mollis, Hieracium sabaudum* u. a. m.). Zwar kommt einiges Neue dazu (nicht nur bei den Kennarten, sondern auch differenzierend bei den Begleitern), oder es fehlt anderes, das uns in Zentraleuropa aus dem Eichen-Birkenwald vertraut ist, wie *Hypericum pulchrum* oder *Lonicera periclymenum.* Es handelt sich also um eine eigene Gebietsassoziation *(Hieracio tenuiflori-Quercetum)*, die ich aber auf Grund der mit den mitteleuropäischen gemeinsamen Kennarten zu einem Verband der westeuropäischen Eichen-Birkenwälder zusammenfassen kann *(Quercion robori-petraeae* BRAUN-BLANQUET 1932). Auf diese Weise ermöglicht die Erarbeitung verbindender Kennarten die Aufstellung höherer abstrakter Kategorien, — über den Verbänden stehen, wiederum durch gemeinsame Kennarten verbunden, die Ordnungen und Klassen, — die ein leicht überschaubares und leicht zu handhabendes Ordnungssystem ergeben. Da sich ein solches System induktiv auf dem realen Pflanzenbestand aufbaut, möchte ich mich nicht scheuen, es als ein natürliches zu bezeichnen. Es muß zwangsläufig auch eine natürliche ökologische Ordnung widerspiegeln.

Die Tabelle zeigt gleichzeitig noch etwas anderes. Der Assoziationstypus, der durch die einheitliche Garnitur von Kennarten zusammengehalten wird, weist eine Untergliederung auf, in der durch Differentialarten (Trennarten) eine soziologisch-ökologische Stufung zum Ausdruck kommt. So steht auf dem rechten Flügel der Tabelle eine Gruppe von Arten, die einen besseren Standortshaushalt anzeigen und zu einem benachbarten anderen Waldtypus, dem Hasel-Eschenwald, überleiten. Die Assoziation ist durch diese Trennarten in zwei Subassoziationen gegliedert, die ihrerseits wieder eine noch feinere Untergliederung in Varianten zeigen.

Und in dieser soziologisch-ökologischen Mannigfaltigkeit, die viele unserer Assoziationen zeigen, liegt nun vielleicht vom Standpunkt der Praxis aus gesehen, eine wie mir aber dünkt, nur scheinbare Schwäche des Assoziationsbegriffes. — Die durch Kennarten

definierte Assoziation umfaßt selten ökologisch einheitliche oder nur grob ökologisch einheitliche Gesellschaften und Standorte. Es ist klar, daß die *Festuca heterophylla*-Subassoziation des insubrischen Eichen-Birkenwaldes nach waldbaulicher Leistung und Holzartenwahl anders zu beurteilen ist, als die typische Heidelbeer-reiche Gesellschaft. Das praktisch Entscheidende für den Waldbauer sind in allen Fällen die feinsten erkennbaren Untereinheiten einer Assoziation. Aber ich glaube, diese für den Praktiker vielleicht störende Aufgliederung der Assoziation ist lediglich ein formaler Vorgang, der in der Praxis leicht durch unverbindliche Bezeichnungen überwunden werden kann. Er wird für seine Zwecke das *Hieracio-Quercetum* leicht in den Heidelbeer-Eichen-Birkenwald und den Hasel-Eichen-Birkenwald aufgliedern können, ohne deshalb die Übersicht und die höhere Ordnung, wie sie mit der Assoziation gegeben ist, verlieren zu brauchen, in der Standort und Wuchsgebiet gleichermaßen zum Ausdruck kommen.

Es soll weiter nicht verschwiegen werden, daß die Geländeansprache an Hand bereits erhobener Assoziationsbegriffe, auch wenn sie auf breiter Basis gut fundiert sind, Schwierigkeiten bereiten kann, weil örtlich die Kennarten fehlen. Es gibt in Mitteleuropa Orchideen-Buchenwälder ohne die Kennart *Cephalanthera damasonium*. Es gibt auch Perlgras-Buchenwälder, in denen die an sich schon diagnostisch schwache *Melica uniflora* oder sogar *Asperula odorata* fehlen, die also außer der optimalen Buche, sowie den Ordnungs- und Klassen-Kennarten überhaupt keine regional charakteristische Arten enthält — man wird sie trotzdem leicht der einen oder anderen Assoziation zuordnen können, wenn man beachtet, daß zwar die Assoziation durch Kennarten definiert wird, darüber hinaus aber an ihrer ganzen übrigen Artenstruktur, z. B. den Assoziationsdifferentialarten oder bezeichnenden Begleitern leicht erkannt werden kann. Soziologisch-systematisch schwierig wird es nur dann, wenn auch die Kennarten höherer Einheiten bis auf ganz wenige zusammenschrumpfen. Für die Praxis können aber alle genannten Sonderfälle leicht durch eine unverbindliche Fassung als lokale Gesellschaften, deren Flora eine bestimmte Ökologie zum Ausdruck bringt, behandelt und benützt werden, abgesehen davon, daß in extrem artenarmen Gesellschaften Bodendifferenzen sinnfälliger sein können als floristische Differenzen.

### Die Dynamik der Pflanzengesellschaften

Wenn solche Schwierigkeiten des Verfahrens im allgemeinen überwunden werden können, so ist es schließlich doch meine Pflicht, auf eine Grenze der Methode hinzuweisen, die den Praktiker zwingt, zur Beurteilung seiner Standorte, auf jeden Fall auch andere, als pflanzensoziologische Kriterien heranzuziehen. Was wir in der Kategorisierung der vorhandenen, realen Vegetation erfassen, ist ein gegenwärtiger Entwicklungszustand von kürzerer oder längerer Dauer. Er kann sich in einer Forstgesellschaft, also einem Bestand ortsfremder Holzarten, sehr rasch und flüchtig entwickeln, sich sozusagen, wie ein Schleier über andere noch vorhandene Potenzen legen. Ein bekanntes extremes Beispiel sind junge Fichten-Aufforstungen auf der Schwäbischen Alb im natürlichen Herrschaftsbereich der Rotbuche. Im Gefolge des sich entwickelnden Nadelstreu-Moders stellen sich in einem bestimmten Entwicklungszustand sekundär so ausschließlich Vaccinio-Piceion-Arten, also echte Nadelholz-Begleiter, ein, daß die reale Vegetation nur als „Piceetum" angesprochen werden kann. Einige Jahre später ist der kurzlebige Spuck aber verschwunden und die nur oberflächlich veränderte edaphische und klimatische Standorts-Situation beginnt sich wieder durchzusetzen. Der Vorgang verrät eine leichte Reversibilität des Standortes. Umgekehrt gibt es Beispiele, in denen durch jahrhundertlange Degradation, z. B. durch Verheidung ehemaliger Buchen-Eichen-Standorte der Lüneburger Heide eine so tiefgreifende Umformung der Bodenstrukturen stattgefunden hat, daß nur schlecht abgeschätzt werden kann, in welchem Umfang und in welchem Zeitraum Regenerationen möglich sind. Neben den Degradationen gibt es im Bereich ehemaliger Ackerkulturen auch Standortsaufwertungen, teils wie in den Lößgebieten, durch die Abschwemmung verarmter Oberböden, teils durch nachhaltige Eutrophierungen. Auch hier erhebt sich die Frage nach der Weiterentwicklung des Standortgefüges. — Endlich wissen wir seit den durch FIRBAS gezielt angesetzten pollenanalytischen Untersuchungen in den montanen Grenzbereichen der Buchen- und Fichtenwald-Gesellschaften, daß nicht nur der Mensch, sondern auch klimatische Veränderungen an der Standortsumbildung mitwirken. Die sg. Fichtenvorstöße des Mittelalters, wie sie v. HORNSTEIN im Alpenvorland herausgearbeitet hat, sind eine durch Mensch und Klima komplex gesteuerte Erscheinung.

### Natürliche und ursprüngliche Waldgesellschaft

Mit anderen Worten: Was der Pflanzensoziologe feststellt, ist immer ein realer, gegenwärtiger Zustand, was der Praktiker, insbesondere der Forstmann wissen will, sind auch die Entwicklungsmöglichkeiten des Standortes, die Frage nach dem ursprünglichen Zustand und die Frage nach den Möglichkeiten der Weiterentwicklung. Zu diesen Fragen kann die Pflanzensoziologie allein sehr oft keine momentane eindeutige Antwort geben. Zwar kann uns das Studium der Ersatz- und Kontaktgesellschaften naturnaher Waldgesellschaften manchen Hinweis geben. AICHINGER hat darüber hinaus versucht, bestimmte Pflanzengesellschaften zu charakteristischen Vegetationsentwicklungstypen zusammenzustellen. Sofern man von fest datierbaren Vorgängen, z. B. Bergstürzen ausgehen kann, haben diese Begriffe eine sichere Grundlage. Meist wird aber nur aus dem Nebeneinander auf ein Nacheinander geschlossen, und damit sind wir bereits in das Feld der Spekulation geraten.

Das Problem der Vegetationsdynamik kann mit den Methoden der Pflanzensoziologie selbst nur durch langfristige Beobachtung von Dauer-Versuchsflächen angegangen werden. Um kurzfristig zu angenäherten Vorstellungen zu kommen, brauchen wir außer den pflanzensoziologischen Hinweisen noch andere Hilfsmittel, z. B. vergleichende Studien der Bodenprofile, Archivstudien, pollenanalytische oder vergleichend klimatische Untersuchungen u. a.

Jedenfalls sollte bei einer pflanzensoziologischen Standortsansprache immer scharf getrennt werden zwischen der nach eindeutigem Verfahren im allgemeinen, d. h. soweit Typen erarbeitet sind, sicher zu treffenden Feststellung der gegenwärtig realen Vegetation und der klar davon zu trennenden Frage nach der Geschichte und Entwicklung einer Pflanzengesellschaft und ihres Standortes.

Das eine ist eine auf der floristischen Statistik unmittelbar begründete Aussage, das andere ein Annäherungsverfahren, das eine ganze Reihe von Überlegungen und Erfahrungen heranziehen muß, um den fraglichen Rest einzuengen. Deshalb wird z. B. auch eine Naturlandschaftskarte, deren Notwendigkeit und Dringlichkeit nicht bestritten werden soll, nur eine Annäherungskarte sein können.

Ich habe mit diesen Gedanken den Rahmen des mir gestellten Themas vielleicht ein wenig überschritten. Der vielen Mißverständnisse wegen schien es mir aber doch notwendig neben den Kriterin der pflanzensoziologischen Methodik auch deren Möglichkeiten und Grenzen aufzuzeigen.

### Zusammenfassung

Es wird gezeigt, daß der Wald als Lebensgemeinschaft eine ökologische Einheit bildet. Die Gesamtflora des Waldes kann also, wenn man ihre Lebensansprüche kennt, zur Standortsbeurteilung herangezogen werden. Erleichtert wird die praktische Arbeit durch die Tatsache, daß Pflanzengesellschaften als sich wiederholende Bilder typisiert und reproduziert werden können.

Der Assoziationsbegriff wird diskutiert und der auf Charakterarten aufgebaute Begriff der Schweizer Schule am Beispiel des insubrischen Eichen-Birkenwaldes erläutert. Er kann sowohl das Bedürfnis nach einer Feingliederung des Standortes als auch nach einer zusammenfassenden Ordnung befriedigen.

Schließlich wird auf die Grenzen der Methode hingewiesen, die ihre Ursachen in der Dynamik der Pflanzengesellschaften haben.

**Summary**

Title of the paper: *Plant-Soziological Criteria of Forest Associations and their Classificatory System.*

Forest as a living community is an ecological entity. Therefore, the floristic composition can be used for site assessment, if site requirements are known. The repetitive nature of plant associations is an advantage in surveying practice because typefied and reproducable representations can be uesd as a guide.

The association concept is discussed and the version of the Swiss school, based on typical species (character species), is explained with an example of the insubrian oak-birch forest. The concept meets the requirements of detailed site classification and of comprehensive synthesis.

Finally, the limitations of the method are indicated which are the result of the dynamic nature of plant communities. E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Les critères phytosociologiques des associations forestières et leur classification.*

L'auteur montre d'abord que la forêt, en tant que groupement vivant, constitue une unité écologique. Si on en connaît les exigences, l'ensemble de la flore d'une forêt permet de juger de la valeur de la station. Le travail pratique se trouve facilité par le fait que les associations forestières peuvent être décrites d'une manière standardisée et se répètent.

Le concept d'association est ensuite discutée et la méthode de l'Ecole suisse, basée sur les espèces caractéristiques, est étudée en prenant comme exemple la forêt à chênes et bouleaux «insubrie» (c. a. d. des vallées chaudes des Alpes méridionales, région de Lugano, Côme). Ce concept permet aussi bien de procéder à l'analyse fine d'une station que de classer celle-ci dans un cadre général.

Enfin, on a montré qu'elles étaient les limites de la méthode, compte tenu de la dynamique des associations végétales. J. M.

# Die Reaktionen von Calciumcarbonat bei der Einarbeitung von Kalkmergel in stark versauerte Waldböden mit Auflagehumus

Aus dem Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen

(Mit 2 Tabellen)

Von B. Ulrich

Der größte Teil der aus Lockersedimenten oder Fließerden gebildeten Waldböden im Diluvium und Mittelgebirgsraum hat unter dem Einfluß der mittelalterlichen Waldverwüstung, des Anbaus standortsfremder Baumarten und der $SO_2$- bzw. $SO_3$-Immissionen besonders im Oberboden extreme Versauerungsgrade erreicht. Zwischen Baumart und Immission besteht eine Wechselwirkung; so scheint z. B. die Fichte wesentlich effektiver in der Auskämmung von gasförmigen Luftverunreinigungen wie $SO_2$ oder $SO_3$ zu sein als die Buche (Ulrich, 6). Da im Bestand diese Immissionen in Form von schwefliger Säure $H_2SO_3$ bzw. Schwefelsäure $H_2SO_4$ auf den Boden gelangen, stellen sie heute die wesentliche Ursache stetig zunehmender Bodenversauerung dar. Bei der zu erwartenden Zunahme der Emissionen und der wahrscheinlich hohen Bedeutung des Waldes für die Luftreinigung muß damit gerechnet werden, daß die Tendenz zur Bodenversauerung immer stärker zunimmt. Damit wird über kurz oder lang die Frage der Vermeidung schwerer Bodenstörungen durch entsprechende Düngungsmaßnahmen wie Kalkung eine erhebliche Bedeutung gewinnen. Um solche Maßnahmen, die eine nicht unerhebliche volkswirtschaftliche Belastung darstellen, möglichst effektiv planen und durchführen zu können, bedarf es allerdings noch der Abklärung einer ganzen Reihe von Fragen. In der vorliegenden Arbeit wird zunächst versucht, auf der Grundlage von 16 Meliorationsversuchen im Forstamt Syke, die vor 14 bzw. 26 Jahren von Hassenkamp nach dem von ihm (1, 2) und Wittich (8) beschriebenen Verfahren angelegt wurden, einige allgemeine Aussagen über die Reaktion von Calciumcarbonat bei der Düngung und Einarbeitung von Kalkmergel auf Kahlschlagflächen abzuleiten.

## Material und Methodik

Bodentypologisch können die Böden der Versuchsflächen als Pseudogley-Parabraunerde und Parabraunerde-Pseudogley aus Flottsand bezeichnet werden; eine eingehende Profilbeschreibung und Diskussion liegt von Röschmann (4) vor. Die Versuchsflächen wurden von Miller (3) beschrieben und auf ihren C- und N-Vorrat untersucht. Die Untersuchungen zu dieser Arbeit wurden an von Miller für seine Arbeit entnommenen Bodenproben durchgeführt, wegen Einzelheiten der Probenahme sei deshalb auf diese Arbeit verwiesen; sie erfolgte volumetrisch im Auflagehumus und im Mineralboden in 10-cm-Tiefenstufen von 0 bis 50 cm. Im allgemeinen wurden 8 Stichproben pro Fläche gezogen und zu 1 Mischprobe pro Fläche vereinigt. Neben den Düngungsflächen wurden als Vergleichsflächen benachbarte Altbestände untersucht, die dem Zustand der Düngungsflächen vor der Melioration entsprechen sollen.

In der vorliegenden Arbeit werden folgende analytischen Ergebnisse umgerechnet in kval/ha verwertet:

Ca-Vorrat im Auflagehumus (0-Hor.) der Vergsleichsfläche (Ca 0-Hor. 0-Fl.) und der Düngungsflächen (Ca 0-Hor. D-Fl.), ermittelt durch Aschenanalyse.

Al-Vorrat im Auflagehumus der Vergleichflächen (Al 0-Hor. 0-Fl.), ermittelt durch Aschenanalyse.

Austauschbare Kationen (H, Al, Ca, Na, K, Mg, Mn, Fe) im Mineralboden (mit 1 n $NH_4Cl$ im Perkolationsverfahren nach Ulrich, 5); die Summe der austauschbaren Kationenäquivalente wird als effektive Austauschkapazität $AK_e$ bezeichnet.

## Ergebnisse und Diskussion

Die bodenkundlichen Untersuchungsergebnisse sind in der Form, in der sie diskutiert werden, in Tabelle 1 zusammengestellt.

Von den 16 Flächen wurde bei 14 Flächen die Bodenbearbeitung mit der Fräse durchgeführt, bei 2 Flächen mit dem Pflug (Abt. 143 b1). Bei der Bodenbearbeitung mit der Fräse kann man eine relativ gleichmäßige Vermischung von Auflagehumus, Kalkdün-

Tabelle 1
**Zusammenstellung der Ergebnisse**

| Nr. | Fläche Abt. | Düng. Jahre vor Probe-nahme | Jahre der LZN | Hilfs-pflanzen | 1 Ca-Düng. | 2 $\Sigma$ Ca bis 50 cm zu Beginn | 3 Ca 0-Hor. 0-Fl. | 4 Al 0-Hor. 0-Fl. | 5 H+Al 0 - 10 D-Fl. | 6 3+4+5 | 7 Ca-Verlust bis 50 cm | 8 Sp. 7 in % von 6 | 9 Ca 0 - 10 D-Fl. | 10 5+9 | 11 Ca 10 - 50 0-Fl. | 12 2 - 11 - 10 | 13 12 - 4 | 14 Sp. 5 in % von 10 | 15 $\Delta$ $AK_e$ + $\Delta$ $Al_s$ 10 - 50 D-Fl. | 16 $\Delta$ Ca 10 - 50 D-Fl. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | kval/ha | | | | | | | % | kval/ha | | | | | % | kval/ha | |
| 1 | 174 III Ki | 14 | 1 | Er | 78,92 | 116,43 | 26,95 | 61,29 | 26,29 | 114,53 | 90,90 | 79 | 3,22 | 29,51 | 6,69 | 80,23 | 18,94 | 89 | 17,46 | 16,39 |
| 2 | 174 III Lh | 14 | 1 | Er | 78,92 | 116,43 | 26,95 | 61,29 | 26,46 | 114,70 | 91,91 | 80 | 7,78 | 34,24 | 6,69 | 75,50 | 14,21 | 77 | 8,56 | 6,77 |
| 3 | 174 III Er | 14 | 1 | Er | 78,92 | 116,43 | 26,95 | 61,29 | 23,26 | 111,50 | 62,95 | 56 | 16,15 | 39,41 | 6,69 | 70,33 | 9,04 | 59 | 32,94 | 28,66 |
| 4 | 141 a 1 | 23 | 2 | — | 80,71 | 103,00 | 14,60 | 45,32 | 15,18 | 75,10 | 53,42 | 71 | 35,75 | 50,93 | 4,01 | 48,06 | 2,74 | 30 | 10,31 | 8,92 |
| 5 | 143 b 1 KiFi | 21 | 0 | — | 80,71 | 103,00 | 14,60 | 45,32 | 6,34 | 66,26 | −26,11 | — | 113,48 | (119,82) | 4,01 | (−20,83) | — | (5) | 14,06 | 9,90 |
| 6 | 143 b 1 Ki | 21 | 1 | — | 80,71 | 103,00 | 14,60 | 45,32 | 7,91 | 67,83 | 32,71 | 48 | 43,90 | 51,81 | 4,01 | 47,18 | 1,86 | 15 | 25,75 | 19,81 |
| 7 | 143 f 2 I | 26 | 2 | — | 80,71 | 103,00 | 14,60 | 45,32 | 17,90 | 77,82 | 27,12 | 35 | 38,58 | 56,48 | 4,01 | 42,51 | −2,81 | 32 | 30,86 | 31,87 |
| 8 | 143 f 2 II | 26 | 2 | — | 80,71 | 103,00 | 14,60 | 45,32 | 13,59 | 73,51 | 55,74 | 76 | 31,05 | 44,64 | 4,01 | 54,35 | 9,03 | 30 | 9,17 | 11,18 |
| 9 | 168 c 3 | 22 | 1 | Lup | 80,71 | 118,22 | 26,95 | 61,29 | 45,51 | 133,75 | 100,04 | 75 | 5,14 | 50,65 | 6,69 | 60,88 | −0,41 | 90 | −0,51 | −0,08 |
| 10 | 177 c 1 | 24 | 1 | 6 J. Gin | 80,71 | 118,22 | 26,95 | 61,29 | 30,32 | 118,56 | 75,80 | 64 | 10,86 | 41,18 | 6,69 | 68,56 | 7,27 | 74 | 24,04 | 21,26 |
| 11 | 168 c 1 | 21 | 1 | schw. Lup | 80,71 | 118,22 | 26,95 | 61,29 | 21,38 | 109,62 | 52,24 | 48 | 21,93 | 43,31 | 6,69 | 66,43 | 5,14 | 49 | 35,41 | 34,58 |
| 12 | 143 f 1 II | 26 | 2 | Lup, Gin | 80,71 | 103,00 | 14,60 | 45,32 | 21,16 | 81,08 | 72,22 | 89 | 12,56 | 33,72 | 4,01 | 65,27 | — | 63 | 9,60 | 9,85 |
| 13 | 177 c 2 Ki | 25 | 2 | 6 J. Gin | 80,71 | 118,22 | 26,95 | 61,29 | 12,11 | 100,35 | 39,43 | 39 | 45,05 | 57,16 | 6,69 | 52,58 | −8,71 | 21 | 21,21 | 22,99 |
| 14 | 141 c | 24 | 1 | Lup, Gin, Er | 80,71 | 103,00 | 14,60 | 45,32 | 33,40 | 93,32 | 90,31 | 97 | 4,27 | 37,67 | 4,01 | 61,32 | — | 89 | 3,85 | 2,07 |
| 15 | 177 c 2 Bi | 25 | 2 | Lup, Gin, Er | 80,71 | 118,22 | 26,95 | 61,29 | 26,43 | 114,67 | 91,64 | 80 | 10,07 | 36,50 | 6,69 | 73,24 | 11,95 | 72 | 6,60 | 6,55 |
| 16 | 177 c 2 Er | 25 | 2 | Lup, Gin, Er | 80,71 | 118,22 | 26,95 | 61,29 | 41,31 | 129,55 | 97,12 | 75 | 5,72 | 47,03 | 6,69 | 62,71 | 1,42 | 88 | 8,78 | 6,02 |
| | | | | $\bar{x}$ | 80,10 | 111,22 | 21,54 | 54,34 | 23,03 | 98,88 | 62,96 | 67,48 | 25,34 | 43,61 | 5,52 | 61,94 | 5,35 | 58,54 | 19,89 | 14,79 |
| | | | | s | 0,68 | 7,52 | 6,33 | 7,91 | 11,09 | 22,50 | 33,59 | 18,38 | 17,75 | 8,56 | 1,37 | 11,11 | 7,47 | 26,93 | 11,19 | 10,65 |

gung und den obersten 8 - 10 cm des Mineralbodens unterstellen. Für die gepflügten Flächen ist die Vermischung weniger homogen und erfaßt wahrscheinlich eine mächtigere Mineralbodenschicht. Beide Bodenbearbeitungsverfahren seien jedoch im Folgenden nicht weiter differenziert.

Als Reaktionspartner für das $CaCO_3$ sind in dem ehemaligen Auflagehumus vorhanden:

1. nicht hydroxydische Al-Verbindungen,
2. austauschbare H-Ionen,
3. bei pH-Erhöhung dissoziierende H-Ionen aus organisch gebundenen OH-Gruppen.

Die unter 3. genannte Reaktionsmöglichkeit spielt bilanzmäßig praktisch keine Rolle, da die organische Substanz des mit dem Mineralboden vermischten Auflagehumus sehr weitgehend abgebaut wird. In den Versuchsflächen beträgt der durch die Meliorationsmaßnahme bewirkte C-Verlust im Mittel 73,21 ± 11,52 % des C-Vorrats im Auflagehumus der Vergleichsfläche. Dieser bilanzmäßig ermittelte C-Verlust ist um den Betrag der aus den Rückständen der Kahlschlagflora bzw. der angebauten Hilfspflanzen (Lupine, Ginster, Erle) neu aufgebauten Humusmenge zu klein. Man geht also mit der Annahme nicht fehl, daß der Auflagehumus aus dem Altbestand bei der Melioration vollständig mineralisiert wird. Damit fällt bilanzmäßig auch der unter 2. genannte Reaktionspartner weitgehend aus, soweit nämlich die austauschbaren H-Ionen im Auflagehumus an organische Saptionskomplexe gebunden sind.

Schließlich ergibt sich daraus die Folgerung, daß der im Auflagehumus enthaltene Ca-Vorrat (Tab. 1 Sp. 3) entsprechend dem Abbau der Sorptionskomplexe zusammen mit begleitenden organischen oder anorganischen Anionen wie $SO_4^{2-}$ oder $Cl^-$ der Tiefenverlagerung mit dem Sickerwasser unterworfen werden kann.

Für die Bilanz entscheidend sind damit die nicht hydroxydischen Al-Verbindungen. Bei einem pH-Wert um 3 im Auflagehumus muß man das gesamte dort vorhandene Aluminium als nicht hydroxydische Al-Verbindungen betrachten. Die Reaktion solcher Al-Verbindungen wie $Al_2(SO_4)_3$ mit $CaCO_3$ verlaufen entsprechend der Gleichung $3\ CaCO_3 + Al_2(SO_4)_3 + 3\ H_2O \rightarrow 3\ CaSO_4 + 2\ Al(OH)_3 + 3\ CO_2$.

Das basisch wirksame $CaCO_3$ wird also in das relativ leicht lösliche und in Ionenform der Tiefenverlagerung mit dem Sickerwasser unterliegende $CaSO_4$ umgewandelt, während die Aluminiumverbindungen zu Al-Hydroxid umgewandelt werden. Die Reaktion ist bei pH-Werten über 5 bereits weitgehend abgeschlossen und dürfte bei guter Vermischung von Kalkdüngung und Auflagehumus innerhalb kurzer Zeit ablaufen.

Der Al-Vorrat im Auflagehumus der Vergleichsfläche (Tab. 1 Sp. 4) ist also der Ca-Menge äquivalent, die relativ rasch nach der Düngung in nicht basisch wirksamer Form aus der obersten gekalkten und bearbeiteten Bodenschicht nach unten verlagert wird.

In dem früheren Mineralbodenmaterial der bearbeiteten obersten Bodenschicht sind bei dem durch die Fräsarbeit erzielten Vermischungsgrad sicher durchweg, wenn auch vorübergehend, pH-Werte über 5,5 erreicht worden. Dies heißt, daß die in diesem Material vorhandene Menge an austauschbaren H- und Al-Ionen ausgetauscht wird und durch Ca-Ionen ersetzt. Wenn zum Zeitpunkt der Probenahme, also 14 bis 26 Jahre nach der Düngung, wieder austauschbare H- und Al-Ionen in der Tiefenstufe 0 bis 10 cm gefunden werden, so ist deren Menge (Tab. 1 Sp. 5) äquivalent der im Laufe der Jahre nach Ionenaustausch wieder in die Bodenlösung übergetretenen und in die Tiefe verlagerten Ca-Ionen. Während die in Sp. 3 und 4 aufgeführten Werte also potentielle Ca-Verluste aufzeigen, enthält Sp. 5 reelle Ca-Verluste aus der Tiefenstufe 0 bis 10 cm.

In Sp. 6 ist die Summe der potentiellen und reellen Ca-Verluste zusammengestellt. Diese Werte übersteigen in einigen Fällen sogar die zu Beginn der Versuche, also nach Ca-Düngung, im Profil bis 50 cm Tiefe vorhandenen Ca-Vorräte (Sp. 2). Dies ist deshalb möglich, weil die potentiellen Ca-Verluste ja nicht in vollem Ausmaß eingetreten sein müssen. Spalte 7 enthält die (analytisch als Differenz zwischen Sp. 2 und dem nicht aufgeführten Ca-Vorrat im Profil der Versuchsflächen) zum Zeitpunkt der Probenahme ermittelten Ca-Verluste im Profil, sie überschreiten in 6 Fällen tatsächlich die mit der Düngung gegebene Ca-Menge und betragen gemäß Sp. 8 bis zu 97 % der möglichen Ca-Verluste.

Unter den in Sp. 7 aufgeführten Ca-Verlusten fällt Fläche 5 durch einen Gewinn von 26 kval Ca/ha auf. Diese Abweichung dürfte auf Inhomogenitäten der Düngerverteilung und damit des Bodenzustandes beruhen, die durch die Probenahme nicht ausgeglichen wurden. Fläche 5 steckt damit die Grenzen für eine individuelle, auf die einzelne Fläche bezogene Interpretation recht eng ab: Wegen der fehlenden Wiederholung der Probenahme und der offensichtlich bestehenden Möglichkeit des Auftretens von „Ausreißern" sind Unterschiede zwischen den einzelnen Flächen kaum interpretierbar. Für die Ermittlung der am Ende von Tabelle 1 aufgeführten Durchschnittswerte und Streuung aller Flächen wurden die eingeklammerten Werte bei Fläche 5 nicht berücksichtigt.

Der vor Einsetzen der Wiederversauerung in der Tiefenstufe 0 - 10 cm gespeicherte Ca-Vorrat ergibt sich aus der Summe der in Sp. 9 aufgeführten Ca-Vorräte zur Zeit der Probenahme und der den Werten in Sp. 5 äquivalenten reellen Ca-Verluste, diese Summe ist in Sp. 10 aufgeführt. Man sieht, daß der Zustand der Flächen nach Ablauf der ersten wenigen Jahre nach der Kalkdüngung und Bodenbearbeitung recht einheitlich war, im Mittel betrug der Ca-Vorrat in 0 - 10 cm 43,61 ± 8,56 kval/ha.

Zur Berechnung der in Sp. 12 aufgeführten anfänglichen Ca-Verluste in 0 - 10 cm wird zunächst der theoretisch nach Düngung und Bodenbearbeitung zu Versuchsbeginn in 0 - 10 cm vorhandene Ca-Vorrat als Differenz zwischen Sp. 2 (Ca-Vorrat im Profil zu Beginn) und Sp. 11 (Ca-Vorrat in 10 - 50 cm der 0-Fläche) berechnet, von diesem Wert wird noch der Wert von Sp. 10 abgezogen. Der Vergleich von Sp. 12 mit Sp. 4 ergibt, daß das bei der Neutralisation von Al freigesetzte Ca bis auf 2 Fälle aus der Tiefenstufe 0 - 10 cm abgeführt wurde. Dazu kommt ein mehr oder weniger großer Betrag aus dem Ca-Vorrat des Auflagehumus. Der tatsächliche Verlust aus diesen beiden Quellen überschreitet auf den Flächen 12 und 14 geringfügig den möglichen Verlust (Summe von Sp. 3 und 4), hier kann angenommen werden, daß der als 0-Fläche herangezogene Altbestand im Hinblick auf Ca- und Al-Vorrat im Auflagehumus der bearbeiteten Fläche nicht ganz entspricht.

Aus dem bisher Gesagten läßt sich die Folgerung ziehen, daß die Anfangsentwicklung auf den 15 Flächen (mit Ausnahme der Fläche 5) recht einheitlich verlief: Das durch Neutralisation der nicht-hydroxidischen Al-Verbindungen im Auflagehumus freigesetzte Ca wurde wahrscheinlich unmittelbar nach der Düngung und Bodenbearbeitung aus der bearbeiteten Schicht ausgewaschen. Im Zuge der sich anschließenden Mineralisierung des Auflagehumus wurden dann noch unterschiedlich große Anteile des Ca-Vorrats des Auflagehumus abgeführt. Für diesen Vorgang ist anzunehmen, daß er ein um so stärkeres Ausmaß angenommen hat, je langsamer und schlechter die Entwicklung der Vegetation auf den Flächen war, da sich der Neuaufbau von Mineralbodenhumus und damit von organischen Sorptionskomplexen zur Bindung des Ca um so langsamer vollzog und die „Basenpumpe" (Aufnahme von Ca aus der Bodenlösung tieferer Bodenschichten durch Pflanzenwurzeln und Transport in oberirdische Pflanzenorgane, Rückkehr des Ca auf die Bodenoberfläche durch abgestorbene Vegetationsreste) um so weniger wirksam war. Die in der Arbeit von MILLER (3) enthaltenen Angaben über die anfängliche Vegetationsentwicklung reichen nicht aus, um die Versuchsflächen entsprechend zu grup-

pieren, doch egeben sich Hinweise: Auf den Flächen 1 - 3 ist nach 1jähriger landwirtschaftlicher Zwischennutzung eine Kiefernkultur mißglückt, so daß 3 Jahre nach der Düngung erneut ein Vollumbruch durchgeführt wurde und nach 1jährigem Anbau von Lupinus luteus die neue Kultur begründet wurde. Hier war der Einfluß der Bodenvegetation in den ersten Jahren sicher gering, entsprechend hoch sind die in Sp. 13 aufgeführten Auswaschungsverluste an Ca aus dem Auflagehumus. Auf der anderen Seite ist bei Fläche 9 von üppiger Entwicklung der ausgesäten Lupinus polyphyllus die Rede.

Im Vergleich zu der verhältnismäßig einheitlichen Anfangsentwicklung der Flächen im Hinblick auf Ca-Speicherung und Ca-Verluste der Tiefenstufe 0 - 10 cm ist das Ausmaß der Ca-Verluste durch erneut eingetretene Versauerung in 0 - 10 cm (Sp. 5) sehr unterschiedlich. In Sp. 14 sind diese Ca-Verluste in % des Ca-Vorrats vor Einsetzen der Wiederversauerung angegeben. Theoretisch ist das Ausmaß dieser Wiederversauerung abhängig von den auf die Bodenoberfläche in Form von $H_2SO_3$ und $H_2SO_4$ auftreffenden $SO_2$- und $SO_3$-Immissionen sowie der im Vergleich dazu wahrscheinlich zu vernachlässigenden H-Ionenproduktion bei den Humusumsetzungen als Säurelieferanten einerseits sowie der „Basenpumpe" als Mittel für den Rücktransport von Ca an die Bodenoberfläche andererseits. Hierbei wirkt die Vegetation sowohl als Basenpumpe (je nach Pflanzenart und deren Ca-Aufnahmevermögen unterschiedlich) wie auch als Filter beim Auskämmen von $SO_2$ und $SO_3$ aus der Luft. Dazu kommt noch der Einfluß wühlender Bodenorganismen (Einmischung sauren Bodenmaterials aus Tiefenstufen unter 10 cm in die oberste Bodenschicht und umgekehrt; auf den Versuchsflächen wurden bei der Probenahme größtenteils Regenwürmer in unterschiedlicher Häufigkeit gefunden). Diese im Zeitablauf sicher wechselnden Bedingungen spiegeln sich in irgendwelchen der erhobenen Daten oder bei MILLER niedergelegten Beobachtungen nicht so stark wider, daß Beziehungen gefunden werden konnten. Die maximale Auswaschungsquote auf Fläche 9 mit 2 kval Ca/ha und Jahr ist der jährlichen H-Ionenzufuhr durch 700 mm Niederschlag äquivalent, wenn dieser Niederschlag einen pH-Wert von 3,5 aufweist. Fläche 9 war zur Zeit der Probenahme mit einem 23jährigen Fichtenbestand mit etwa hälftiger Beimischung von Lärche, Douglasie und Küstentanne bestockt. Der Bestand ist dicht geschlossen und weist keine Bodenvegetation auf. Für geschlossene Fichtenbaumhölzer liegen aus dem Mündener Raum Untersuchungen über die jährliche H-Ionenzufuhr mit dem Niederschlagswasser zum Boden vor (ULRICH, 6), die mit 4 - 5 kval/ha hoch genug liegen, um das Ausmaß der Wiederversauerung auf dieser am stärksten betroffenen Fläche in der richtigen Größenordnung erscheinen zu lassen.

Damit sei die Betrachtung der Vorgänge in der Tiefenstufe 0 - 10 cm abgeschlossen. Das aus dieser Schicht in die Tiefe verlagerte Ca kann auf seinem Weg durch das Solum einmal von den Wurzeln aufgenommen werden, zum andern werden durch die Ca-Anreicherung in der pro Jahr etwa 50 cm nach unten verdrängten Bodenlösung die Kationenaustauschgleichgewichte beeinflußt unter Eintausch von Ca und Austausch anderer Kationen. Die varianzanalytische Verrechnung der zu Gruppen zusammengefaßten Versuchsflächen ergab, daß im Vergleich zu insgesamt 8 im Untersuchungsgebiet untersuchten Altbeständen in den Tiefenstufen 10 - 20, 20 - 30, 30 - 40 und 40 - 50 cm kaum signifikante Unterschiede zwischen den austauschbaren Vorräten an Na, K (mit Ausnahme von K-gedüngten Flächen), Mg, Fe und Mn der Altbestände und der Versuchsflächen bestehen. Selbst signifikante Differenzen lagen stets unter 1 kval/ha, haben also quantitativ keine Bedeutung. In der Hauptsache ist auch im Unterboden die Zunahme des austauschbaren Ca auf Kosten des austauschbaren Al gegangen. Dies geht auch aus dem Vergleich von Sp. 15 und 16 hervor. Im Sp. 16 ist die in 10 - 50 cm Tiefe als Folge der Kalkdüngung zusätzlich vorhandene Ca-Menge aufgeführt, in Sp. 15 ist eine Schätzung dieser Ca-Menge auf der Grundlage der Differenzen der effektiven Austauschkapazität $AK_e$ und des austauschbaren Al ($Al_e$) zwischen Versuchsfläche und Vergleichsfläche aufgeführt. Die $AK_e$ variiert innerhalb der einzelnen Tiefenstufen zwischen den Versuchsflächen, und zwar hauptsächlich entsprechend Änderungen im Ton- und Humusgehalt. Ein aufgrund des Austausches von polymerem Hydroxi-Aluminium durchaus möglicher Effekt der Kalkdüngung auf die $AK_e$ ist in den Tiefenstufen 10 - 50 cm neben den anderen Effekten nicht mehr wahrnehmbar.

Aufgrund dieser Schwankungen in der effektiven Austauschkapazität sei die Betrachtung des Austauschgleichgewichts zwischen Ca und Al im Unterboden anhand der Äquivalentbrüche $X^{S}{}_{Ca}$ und $X^{S}{}_{Al}$ durchgeführt; $X^{S}{}_{Ca}$ drückt den prozentualen Anteil des austauschbaren Ca an der $AK_e$, $X^{S}{}_{Al}$ den des austauschbaren Al an der $AK_e$ aus. Für den Vergleich der einzelnen Tiefenstufen wurden die Flächen zu folgenden Gruppen zusammengefaßt:

Gruppe A (Vergleichsflächen) besteht aus 8 Altbeständen, die alle innerhalb des engsten Untersuchungsgebiets auf gleichem Boden stocken.

Gruppe B enthält die Flächen 1 - 3, die dadurch charakterisiert sind, daß nach einer mißglückten Kiefernkultur 3 Jahre nach der Kalkdüngung erneut eine Bodenbearbeitung durch den Pflug erfolgt.

Gruppe C enthält die Flächen 4 - 8 (normales Meliorationsverfahren ohne Leguminosenanbau),

Gruppe D die Flächen 9 - 16 (zusätzlich Leguminosenanbau).

Die Werte sind einschließlich ihrer Streuung in Tabelle 2 zusammengestellt, die dort angegebenen Signifikanzen (P = 0,1; 1; 5 %) beziehen sich auf die Unterschiede zur Gruppe A (Altbestände).

Der Ca-Sättigungsgrad schwankt in den Altbeständen zwischen 3,0 und 5,2 %, der Al-Sättigungsgrad liegt mit Ausnahme der Tiefe 0 - 10 cm bei 85 %, in 0 - 10 cm ist er wegen des Auftretens von austauschbaren H-Ionen niedriger. Signifikante Unterschiede, also eine signifikante Ca-Wirkung, besteht nur bis 40 cm. In den Flächen der Gruppe B ist mit dem Vollumbruch 3 Jahre nach der Düngung $CaCO_3$ bis in die Tiefe 20 - 30 cm gekommen, weshalb hier der Ca-Sättigungsgrad relativ hoch, der Al-Sättigungsgrad entsprechend niedrig liegt. Der Vergleich zwischen Gruppe C und D läßt den Einfluß der Leguminosen als Hilfspflanzen bei der Melioration erkennen: Obwohl alle Flächen der Gruppe C nur bis maximal 10 cm Tiefe gefräst wurden, reicht die Ca-Wirkung tiefer.

Insgesamt ist die Ca-Wirkung im Unterboden gering. Das in den Vergleichsflächen die effektive Austauschkapazität zu 85 % einnehmende austauschbare Al wurde durch die mit der Bodenlösung perkolierenden Ca-Ionen nur zu einem geringen Anteil ausgetauscht. Einige quantitative Angaben zur Erläuterung: Im Mittel der Altbestände beträgt die austauschbare Al-Menge in 10 - 40 cm Tiefe 80,15 ± 15,64 kval/ha, im Mittel der Versuchsfläche wurden gemäß Sp. 12 62 kval Ca/ha aus 0 - 10 cm ausgewaschen, davon jedoch gemäß Sp. 16 nur 14,8 kval eingetauscht. Diese geringe Eintauschintensität des Ca ist darin begründet, daß das Ca-Ion in der Bodenlösung von den Anionen starker Säuren wie $SO_4^{2-}$ und $Cl^-$ begleitet ist. Beim Austausch von Al gegen Ca hydrolysiert das Al-Ion gemäß der Gleichung



$$Al^{3+} + H_2O = Al(OH)^{2+} + H^+$$

Durch die erhöhte H-Ionenkonzentration in der Bodenlösung wird Ca wieder ausgetauscht. Es liegt also eine Rückkoppelung vor, die den Eintausch des Ca um so mehr begrenzt, je niedriger der pH-Wert und je höher die Al-Sättigung am Austauscher ist. In Untersuchungen über Kationenaustausch-Gleichgewichte äußert sich dies in einer geringen Eintauschintensität des Ca (ULRICH, 5). In Gegenwart von OH-Ionen oder den Anionen schwacher Säuren wie $CO_3^{2-}$, also in der Bodenschicht, die unmittelbar mit dem Kalkdünger in Berührung kommt, werden die durch Hydrolyse

Tabelle 2

Ca- und Al-Sättigungsgrade in den Tiefenstufen der zu Gruppen zusammengefaßten Flächen

| Tiefe cm | $XS_{Ca} \cdot 100$ | | | | $XS_{Al} \cdot 100$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | A | B | C | D |
| 0 - 10 | 5,2<br>+ 2,03 | n. s.<br>20,7<br>± 12,13 | +++<br>64,7<br>± 9,26 | +<br>28,1<br>± 21,15 | 70,7<br>± 12,66 | n. s.<br>61,7<br>± 15,14 | ++<br>22,1<br>± 7,80 | n. s.<br>53,1<br>± 16,18 |
| 10 - 20 | 3,3<br>± 0,99 | +<br>21,1<br>± 9,47 | ++<br>37,0<br>± 13,47 | +<br>21,6<br>± 16,07 | 85,2<br>± 3,85 | +<br>67,1<br>± 10,95 | ++<br>50,4<br>± 12,02 | ++<br>65,56<br>± 15,07 |
| 20 - 30 | 3,0<br>± 0,90 | +<br>24,3<br>± 9,69 | +<br>11,2<br>± 5,73 | ++<br>14,8<br>± 9,14 | 85,4<br>± 2,94 | +<br>63,2<br>± 10,6 | +<br>76,4<br>± 6,20 | ++<br>70,9<br>± 8,51 |
| 30 - 40 | 4,0<br>± 2,71 | ++<br>11,8<br>± 2,54 | n. s.<br>6,5<br>± 4,04 | +<br>11,8<br>± 7,67 | 84,6<br>± 5,3 | +<br>73,5<br>± 4,96 | +<br>79,5<br>± 4,91 | +<br>74,8<br>± 7,52 |
| 40 - 50 | 4,5<br>± 4,87 | n. s.<br>6,8<br>± 0,16 | n. s.<br>6,3<br>± 4,53 | n. s.<br>10,5<br>± 9,74 | 85,2<br>± 7,2 | n. s.<br>78,8<br>± 1,80 | n. s.<br>81,5<br>± 4,29 | n. s.<br>77,2<br>± 8,59 |

des Al produzierten H-Ionen zur Bildung von $H_2O$ oder $HCO_3^-$ verbraucht und haben damit keinen Einfluß auf das Austauschgleichgewicht Ca-Al.

Die hier vorgelegten Ergebnisse reichen zur Beurteilung der Fragen, die sich bei der Kalkung im Wald stellen, noch nicht aus; auf eine entsprechende Diskussion (vgl. ULRICH, 7) wird daher verzichtet, bis die Untersuchungsergebnisse an weiteren Kalkdüngungsflächen vorgelegt werden können.


### Zusammenfassung

Anhand der bodenkundlichen Untersuchungen (Zusammensetzung der austauschbaren Kationen) an 16 Kalkdüngungsversuchen mit Bodenbearbeitung im Forstamt Syke werden folgende Reaktionen von $CaCO_3$ unterschieden:

Aus der durch Bodenbearbeitung mit Auflagehumus und Kalkdüngung vermischten obersten Bodenschicht wird innerhalb kurzer Frist Ca äquivalent zum Al-Vorrat des Auflagehumus ausgewaschen, z. T. unterliegt im Zeitraum einiger Jahre auch der Ca-Vorrat des Auflagehumus im Zuge dessen Mineralisierung der Tiefenverlagerung. Aus diesen Auswaschungsbeträgen im Oberboden wird nur ein geringer Anteil im Unterboden durch Austausch gegen Al-Ionen zurückgehalten, der größere Anteil wird aus dem durchwurzelten Bodenreich ausgewaschen. Von dem im Oberboden ursprünglich angereicherten austauschbaren Ca sind im Laufe von 14 - 25 Jahren im Mittel 60 % bereits wieder der Tiefenverlagerung unterlegen. Von der Düngung befinden sich nach diesem Zeitraum im Mittel nur noch 20 % im Wurzelraum bei beträchtlicher Variation zwischen den Flächen.



### Summary

Title of the paper: *The Reaction of Calcium-Carbonate from Incorporated Marl in Very Acid Forest Soils with a Top Humus Layer.*

The exchangeable cations were analysed in 16 liming-cum-soil preparation experiments. The following reactions of Ca $CO_3$ were distinguished.

Ca ist rapidly leached from the fertilized and mixed humus/soil top layer in amounts equal to the Al content of the humus. Partly, the Ca content of the humus is removed into deeper layers as the humus is decomposed. Only a small fraction of the leached Ca is absorbed in the subsoil by exchange with Al. The rest is leached from the rooting zone. An average of 60 % of the initially added exchangeable Ca in the top soil is removed downward in the course of 14 to 25 years. After this an average of only 20 % of the originally added fertilizer remains in the rooting zone. Variation between localities is large. E. F. B.



### Résumé

Titre de l'article: *Conséquences pour le carbonate de calcium d'une incorporation de marne dans des sols forestiers fortement acides à humus brut.*

D'après les études pédologiques (ensemble des cations échangeables) portant sur 16 expériences de fertilisation avec travail du sol dans la circonscription forestière de Syke, on a pu distinguer pour le $CO_3Ca$ les faits suivants.

Dans la couche la plus superficielle résultant du mélange de l'humus brut et de la fumure calcique par le travail du sol, le Ca équivalent aux réserves d'Al de l'humus brut est lessivé au bout d'un court laps de temps; après quelques années, les réserves en Ca de l'humus brut sont également partiellement entrainées en profondeur par suite du phénomène de minéralisation. Une faible partie seulement des quantités de Ca ainsi lessivées dans les horizons superficiels est fixée dans le sous-sol par échange avec les ions Al; la plus grande partie est entrainée hors des horizons prospectés par les racines. En moyenne, 60 % du calcium échangeable initialement apporté par la fumure dans les horizons superficiels se retrouvent en profondeur au bout de 14 à 25 ans.

Au bout de ce laps de temps, 20 % de la fumure calcique se retrouve encore dans la zone des racines, les variations suivant les parcelles étant très importantes. J. M.


### Literatur


1. HASSENKAMP, W.: Die Umwandlung von Rohhumusböden in Mullböden durch Waldfeldbau und Leguminosenanbau. Forstarchiv 17, 41 - 57 (1941). — 2. Ders.: Waldfeldbau und Mitanbau. In: Technik der Kiefernkultur, S. 110 - 114 (1949). — 3. MILLER, R. E.: Wirkung von Meliorationsmaßnahmen zur Verbesserung der Humusform auf den Humus- und Stickstoffvorrat von Waldböden. Diss. Forstl. Fak. Univ. Göttingen (1964). — 4. RÖSCHMANN, G.: Zur Entstehungsgeschichte von Parabraunerden und Pseudogleyen aus Sandlöß südlich von Bremen. N. Jb. Paläont. Abh. 117, 286 - 302 (1963). — 5. ULRICH, B.: Kationenaustausch-Gleichgewichte in Böden. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkde 113, 11 - 19 (1966). — 6. Ders.: Ausmaß und Selektivität der Nährelementaufnahme in Fichten- und Buchenbeständen. Allgem. Forstzeitschr. 23, Nr. 47 (1968). — 7. Ders.: Bodenbearbeitung und Düngung unter dem Gesichtspunkt der Waldernährung. Allg. Forstzeitschr. 23, 547 - 551 (1968). — 8. WITTICH, W.: Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. Schriftenreihe d. Forstl. Fak. d. Univ. Göttingen Bd. 9, Frankfurt/M. (1952).

# Der Standort in seiner Auswirkung auf die physiognomische und floristische Struktur von Waldgesellschaften

**Dargestellt am Beispiel colliner Laubmischwälder**

Von M. Förster, Hann.-Münden

Wenn wir uns in einem kurzen Referat mit einem solchen Thema befassen wollen, führt das zwangsläufig dazu, daß nur Grundlinien, Tendenzen und Streiflichter aufgezeigt werden können. Jeder Standort ist ein eigenes „Individuum" mit einem ganz speziellen, nur ihm eigenen Faktorenkomplex. Die abstrahierten Grundlinien werden einer vielfältigen Abwandlung unterliegen. Als Waldbauer haben wir daher jeden Standort immer erneut zu analysieren und zu diskutieren. Nur auf dieser Basis werden wir mit unseren waldbaulichen Maßnahmen den Standort sinnvoll nutzen können, ohne die Stabilität des Faktorengefüges ernsthaft zu gefährden. Jeglicher Schematismus und das Streben nach Rezepten entspricht nicht den Anforderungen, die wir an einen standortgerechten Waldbau zu stellen haben.

Pflanzengesellschaften sind komplexe Gefüge, die in ihrer Struktur mit steigender Organisationshöhe der beteiligten Arten immer komplizierter werden. Unzweifelhaft stellen die Waldgesellschaften das komplizierteste Gefüge dar, da sie in ihrer floristischen und physiognomischen Struktur nicht nur den Einflüssen des Standortes unterliegen, sondern auch innerhalb der Biozönose die vielfältigsten Querverbindungen bestehen. Zudem unterliegen sie, bedingt aus dem Wuchsverhalten des bestimmenden Elementes, der Baumarten, einer inneren Dynamik, die sich kausal auf alle Bestandesstrukturen auswirkt.

Es wird unsere Aufgabe sein, zunächst die Umwelt zu charakterisieren. Vor allem soll geprüft werden, welche Wirkungen durch den Standortsfaktorenkomplex hervorgebracht werden. Darauf aufbauend sind Fragen der physiognomischen und der floristischen Struktur zu behandeln.

## 1. Der Komplex der Standortsfaktoren als Grundlage einer Vegetationsgliederung

Der Standort ist ein Komplex von abiotischen und biotischen Faktoren. Diese wirken, das darf auch bei einer Analyse nie vergessen werden, immer zusammen und bedingen oder ergänzen sich gegenseitig.

### 1.1 *Klima*

Unzweifelhaft hat das Klima, hauptsächlich zusammengesetzt aus dem Beziehungsgefüge von Temperatur- und Niederschlagsregime, die größte Bedeutung. Das unterstreicht allein schon die Tatsache, daß die Gliederung der Erdoberfläche in die verschiedenen Vegetationsgürtel und Pflanzenformationen im wesentlichen durch das Klima geprägt wird. Wollen wir die Beziehungen zwischen Klima und Vegetation analysieren, so genügen dafür nicht oder doch nur in sehr ungenügendem Maße Durchschnittswerte von Klimadaten. Viel entscheidender sind Verteilungen von Temperatur und Niederschlag innerhalb bestimmter Zeiträume sowie deren Extremwerte. Diese Daten lassen sich aus dem von Gaussen entwickelten und von Walter verbesserten Klimadiagramm in einfacher Weise und sehr genau ablesen.

Bekanntlich unterscheidet man im europäischen Raum drei Grundtypen des Klimas, das kontinentale, das ozeanische sowie das (sub)mediterrane Klima. Für unser Gebiet sind ozeanisches und kontinentales Klima mit allen Übergängen kennzeichnend. Dieser Übergangscharakter prägt sich in weiten Teilen des deutschen Hügellandes dadurch aus, daß sich ein subozeanischer bis subkontinentaler Temperaturverlauf mit einer kontinentalen Niederschlagsverteilung koppelt. Im Unterschied zum kontinentalen Klima, in dem die Sommerniederschläge überwiegend in der Form heftiger Gewitter niedergehen, fallen bei uns diese Niederschläge als stetige Landregen, die für die Vegetation besonders wirksam sind. Zudem ist es ein Charakteristikum von Übergangsgebieten, daß das Klima der verschiedenen Jahre zwischen den Typen schwanken kann. Es herrscht einmal mehr kontinentales, ein andermal mehr ozeanisches Klima. Um hier genau analysieren zu können, müßten die Klimadaten jedes Jahres in Klimadiagramm-Reihen dargestellt werden. Es können auf diese Weise die prozentualen Anteile der Klimatypen am Durchschnittsklima recht genau ermittelt werden.

Gedämpfte Temperaturextreme und ausreichender Niederschlag fördern den Baum, der unser Waldbild eindeutig beherrscht, nämlich die Buche. Gehen wir nun von dem verbreiteten Klimatyp deutscher Gebiete (s. o.) aus. Bei gleichem Temperaturverlauf und gleicher Niederschlagsverteilung soll sich die Niederschlagssumme erniedrigen, d. h. wir begeben uns z. B. in ein Regenschattgebiet. Je mehr sich dabei Temperatur- und Niederschlagskurve nähern, um sehr mehr wird der Niederschlag für die Vegetation zu einem Minimumfaktor. In der Vegetation vollzieht sich eine Umschichtung. Der dem trockenen Klima besser angepaßte Eichenmischwald löst den Buchenwald ab. In allen Gebieten, in denen in der Vegetationszeit ein Temperatur-Niederschlagsverhältnis von 1 : 30 und darunter eintritt, herrscht für die Vegetation Trockenzeit. Klimazonal ist der Buchenwald in diesen Bereichen ausgeschlossen. Solche Gebiete finden wir in Deutschland z. B. im Mainzer und vor allem Mitteldeutschen Trockengebiet. Sinkt der Niederschlag auf einen T:N-Wert von 1 : 20 und darunter, herrscht für die Vegetation Dürrezeit. Derartige Verhältnisse finden wir in Deutschland nicht. Sie treten dagegen in Süd- und dem südlichen Osteuropa häufig auf. Ein Waldwachstum ist unmöglich sofern nicht durch Grundwasser ein Ausgleich erfolgt.

Der hier unterstellte gleichbleibende Temperaturverlauf ist natürlich nur theoretisch. Mit abnehmendem Niederschlag verringert sich die Wolkenbedeckung, erhöht sich die Einstrahlung und damit die Temperatur. Beides greift also eng ineinander.

Nehmen wir bei gleicher Ausgangslage wie der vorigen an, daß der Niederschlag konstant bleiben soll. Dafür soll sich die Temperaturschwankung des Jahres vergrößern, d. h. die Wintertemperaturen werden niedriger, die Sommertemperaturen steigen. Es wird, bezogen auf den Buchenwald, der Fall eintreten, daß die Baumart die Frostgrade im Winter und die Temperaturschwankung nicht mehr erträgt. Sie unterliegt im Konkurrenzkampf innerhalb der Bestände der Eiche.

Bei der kontinentalen Niederschlagsverteilung haben wir noch eines zu berücksichtigen. Durch den geringen Winterniederschlag werden die Wasservorräte im Boden nicht ausreichend ergänzt. Zu Beginn der Hauptvegetationszeit kann der Fall eintreten, daß der Wasservorrat vorübergehend nahezu erschöpft wird, ehe ein Ausgleich durch den Sommerniederschlag erfolgt. Bei einer Häufung dieses Ereignisses, sei es lokal oder großräumig, wird die Eiche, die diese Gegebenheiten erträgt, die Buche ablösen.

Im Gegensatz zum kontinentalen Klima fallen im ozeanischen Typ die Niederschläge vorwiegend im Winter. Gebietsweise tritt hier der Fall ein, daß die Sommerniederschläge in den Bereich der Trockenzeiten absinken. Nunmehr hängt es vom Standortsfaktor Boden ab, ob sich der Buchenwald halten kann oder durch den Eichenwald abgelöst wird. Letzteres trifft z. B. für Böden mit ungünstigerem Wasserhaushalt zu.

Die „Generalklimate" können durch die Exposition in mannigfacher Weise abgewandelt werden. Erinnert sei hier nur an die Unterschiede zwischen Nord- und Südexposition.

### 1.2. *Boden*

Als Wurzelraum, Nährstoff- und Wasserreservoir der Vegetation ist der Boden ein weiterer entscheidender Standortsfaktor. Der strukturelle Aufbau des Bodens, sein Feinbodenanteil u. a. m. begrenzen oder fördern bestimmte Baum- und Pflanzenarten. Der Boden beeinflußt in ganz erheblichem Maße Aufbau und Ausformung der Pflanzengesellschaften. Dabei wirkt wieder die Vegetation im Rahmen des Gesamtgefüges der Biozönose auf den Boden und seine Entwicklung zurück.

Zu den recht weit verbreiteten Grundgesteinen in unserem Raum gehört innerhalb der Hügellandstufe der Löß. Unter den gegebenen Klima- und Vegetationsverhältnissen hat er sich i. d. R. bis zu einer Parabraunerde entwickelt. Vor allem in den tieferen Schichten ist der Typ reich an feinem, tonigem Bodenmaterial. Nun stellt die Buche an den Lufthaushalt des Bodens nicht nur hohe Ansprüche, sondern sie besitzt auch eine relativ geringe Wurzelenergie. Die Buche bewegt sich auf Parabraunerden mit ihren Wurzeln in den oberen Bodenhorizonten. Nur diesen Raum nutzt sie hinsichtlich der Wasservorräte aus. Im ozeanischen Klima oder bei reichlichen Sommerniederschlägen ist das ohne Bedeutung. Sinken dagegen die Sommerniederschläge mit zunehmender Kontinentalität des Klimas ab, so kommt die Buche in ausgesprochene Minimumlagen. Sie wird auf Lößverwitterungsboden sowie allen ähnlich strukturierten Böden den Baumarten in der Konkurrenz unterlegen sein, die dem klimatisch bedingten Rhythmus der Wasserführung angepaßt sind wie z. B. die Winterlinde, oder solchen Baumarten, die die tieferen Bodenschichten durch ihre Wurzeln aufschließen wie die Eiche. Damit ist nicht ausgeschlossen, daß die Buche in den gemäßigter kontinentalen Gebieten als Mischbaumart vorkommen kann. Im Reinbestand oder als vorherrschender Baum ist sie aber nicht mehr existenzfähig. Bei der einseitigen Ausnutzung der Bodenwasservorräte wird das Bestandesgefüge mit zunehmendem Alter labiler und extreme Jahre führen zum Absterben ganzer Bestände. Für das mitteldeutsche Trockengebiet hat Meusel (1954) diese Gegebenheiten eindeutig nachweisen können.

Von Bedeutung ist ferner, in welchem Maße der Boden Wasser zur Verfügung stellt. So gibt es Gebiete, in denen die Buche vitale Bestände auf Kalkgestein bildet, auf Löß aber von der Eiche abgelöst wird. Dies ist einmal dadurch bedingt, daß die Lößboden bzw. ein Boden ähnlicher Struktur einen höheren Vorrat an totem Wasser besitzt als ein lockerer, hohlraumreicher Kalkverwitterungsboden. Dieser stellt bei gleicher Niederschlagsmenge mehr Wasser zur Verfügung. Zudem vermag die Buche mit ihren Wurzeln in die Spalten einzudringen und dort den Bedarf zu decken. Diese Gegebenheiten haben z. B. in der Ukraine zur Folge, daß auf Sand oder Gesteinsverwitterungsboden der Wald weit in die Steppe vorstößt, und andererseits die Steppe im Waldsteppengebiet auf Löß weiter nach Norden geht als auf Sand.

Besonders interessant sind Böden vom Typus eines Kalksteinbraunlehmes. Hier treffen die Eigenschaften eines tonreichen Bodens mit denen des Kalkbodens zusammen. Auf diesen Böden herrscht nach unserer Ansicht eine säkulare Vegetationsdynamik. In den klimatischen Übergangsgebieten sind sowohl Eichen- als auch Buchenwald möglich. Welche Vegetation den Bestand bilden wird, ist von dem Klima in den ersten 20 Jahren abhängig. Setzen wir den Fall, Buche und Eiche haben sich gleichmäßig verjüngt. Ist das Klima in den Entwicklungsjahren überwiegend kontinental, wird sich ein Eichenmischwald entwickeln. Ist es dagegen mehr ozeanisch, wird sich die Buche durchsetzen. Hat sie mit ihren Wurzeln die Kalkschichten erreicht und ist in die Spalten eingedrungen, vermag ihr auch eine Trockenperiode wenig anzuhaben. Es erscheint also grundsätzlich nicht so, daß bei derartigen Böden mit darauf stockenden Eichen/Hainbuchenwäldern immer der Mensch die Hand im Spiele hatte.

Mangelnder Wurzelraum infolge Flachgründigkeit des Bodens kann durch reichliche Vegetationszeitniederschläge kompensiert werden. So wachsen z. B. die Sesleria-Kalkbuchenwälder auf Standorten, die im eigentlichen Sinne kaum noch Boden besitzen. Unter anderen Klimaverhältnissen wie z. B. im ungarischen Mittelgebirge trägt solcher Boden keinen Wald mehr (vgl. auch Förster 1967).

### 1.3. *Weitere Faktoren*

Unter den weiteren Faktoren ist der Wind zu erwähnen. Seine Wirkung besteht in einer mechanischen und einer physiologischen Komponente. Die physiologische Einwirkung ist dadurch gegeben, daß die Transpiration erhöht sowie die Assimilation gemindert wird. Die Folge ist ein schlechteres Wachstum der empfindlichen Baumarten. Im Zusammenwirken mit einem ungünstigen Boden kommt es dazu, daß der Buchenwald an Geländekanten etc. vielerorts vom Eichenbuschwald begleitet wird.

Mit dem Standortsfaktor Licht werden wir uns im folgenden noch näher zu befassen haben.

Von den biotischen Faktoren sei hier nur der Mensch genannt. Die vielfältigen Wirkungen dieses Standortsfaktors sind hinreichend bekannt. Extensive Holznutzung, Waldweide, übertriebene Wildhege, Streunutzung u. a. m. haben im Walde infolge der oft jahrhundertelangen Einwirkung bis zu irreversiblen Schäden geführt. Sie beeinflussen teilweise auch heute noch Standorte und Bestände.

Ich hoffe, daß es mir mit diesen kurzen Ausführungen über den Standort und seine Wirkung auf Baumarten gelungen ist, einen groben Umriß von dem vielfältigen Komplex zu zeichnen. Darauf aufbauend möchte ich kurz Fragen der physiognomischen und floristischen Strukturen behandeln.

## 2. Physiognomische und floristische Strukturen

Die Vergesellschaftung aller Arten der Biozönose Wald wird bestimmt durch die ökologischen Ansprüche, die Konkurrenzfähigkeit und die gegenseitigen Wuchsrelationen der Arten. Die wichtigste, konkurrenzstärkste und physiognomisch bestimmende Komponente unserer Wälder sind die Baumarten. Die Baumschicht wirkt in ganz entscheidendem Maße auf die niederen Vegetationsschichten ein durch Lichtentzug, Verschlechterung des Wasserhaushaltes u. a. m. Andererseits gewährt sie aber Schutz z. B. vor Frost. Analysieren wir die Strukturen, so stellen wir fest, daß zudem enge Zusammenhänge mit dem Bestandesalter bestehen. Es liegt, den Standort einbezogen, ein dynamisches Wirkungsgefüge vor, das wir im übertragenen Sinne mit einem Uhrwerk feinster Präzision vergleichen können. So kann aber das Herausbrechen eines Gliedes aus der Kette des Gesamtgefüges dieses entscheidend stören wie z. B. durch die Wahl einer ungeeigneten Baumart.

### 2.1. *Bestandesentwicklung*

In der altersbedingten Dynamik der Waldbestände unterscheiden wir 4 Phasen. Diese sind

die Jugend- und Aufbauphase
die Optimalphase
die Alterungsphase
die Zerfalls- oder Plenterphase.

Die *Jugendphase* wird gekennzeichnet durch große Individuenzahl, hohen Dichtschluß sowie einen starken Konkurrenzkampf. Jedes Baumindividuum versucht den Raum zu okupieren, den es für eine stabile soziologische Stellung im späteren Gesamtgefüge des Bestandes benötigt. Die Jugendphase wird vor allem durch ihr sehr aktives Höhenwachstum gekennzeichnet. In Mischverjün-

gungen ist die Wuchsrelation der verschiedenen Baumarten zueinander von entscheidender Bedeutung, die aus dem der Art specifischen sowie durch den Standort beeinflußten Wuchsrhythmus folgt.

Ereignisse wie Spätfröste oder Trockenperioden können der einen oder anderen Art, aber auch dem einen oder anderen Individuum der gleichen Art Vorteile gegenüber den Konkurrenten verschaffen. Je häufiger diese Ereignisse eintreten, um so größer wird der Wachstumsvorsprung der bevorteilten Art sein. So wird zu einem nicht unwesentlichen Teil in den ersten 20 bis 30 Jahren des Bestandeslebens der Grund für den späteren Bestandesaufbau gelegt. Man denke hier z. B. an das Konkurrenzgleichgewicht von Eiche und Buche auf Kalksteinbraunlehmen.

Über einen mehr oder weniger langen Zeitraum verläuft diese Entwicklung, bis die dem Standort gemäßen Baumarten sich soweit durchgesetzt haben, daß ihre herrschende Stellung nicht mehr gefährdet ist. Die benachteiligten Bestandesglieder stehen nun entweder in den unteren Schichten oder sind abgestorben. Der Aufbau des Bestandes entspricht einem Zustand optimaler Ausnutzung der Standortspotenzen. Diese *Optimalphase* geht ohne scharfe Grenze in die *Alterungsphase* über. Letztere dürfte mit dem Aufhören des Höhenwachstums beginnen. Sterben dann die ältesten Bestandesglieder ab, so beginnt die *Zerfalls- oder Plenterphase* und damit der Regenerationsprozeß des Bestandes.

Über die Zeitdauer der einzelnen Phasen herrschen keine festen Vorstellungen. Unseres Erachtens sind die Perioden standortsabhängig. Als Lebewesen unterliegt die Pflanze den gleichen Abnutzungserscheinungen wie etwa der Mensch. Je extremer die Verhältnisse sind, d. h. je stärker die physiologische Beanspruchung ist, um so schneller dürften die Phasen durchlaufen werden. So wissen wir, daß z. B. die Flaumeichenbuschwälder Ungarns selten über 100 Jahre alt werden. Andererseits sind 600 Jahre alte Buchenurwälder bekannt geworden, die noch keinerlei Verfallserscheinungen zeigten. Über die „1000" Jahre alten Eichen braucht nicht gesprochen zu werden. Es herrscht hier eine sehr große Variationsbreite. Wir müssen uns dabei vom rein wirtschaftlichen Maßstab der Umtriebszeit in unseren Vorstellungen lösen.

Unter unseren Verhältnissen erreichen xerotherme Waldgesellschaften die Optimalphase mit 60 bis 100 Jahren, mesophile Mischwälder etwa mit 100 bis 150 Jahren. Es handelt sich bei diesen Werten nur um Anhaltszahlen, die aus eigenen Untersuchungen ermittelt wurden. Aus den Beobachtungen ergab es sich, daß in den collinen Eichenmischwäldern eine signifikante Differenzierung im Höhenwachstum zwischen den einzelnen soziologischen Ausbildungen erst im mittleren bis ausgehenden Stangenholzalter einsetzte. Im Dickungs- und Gertenholzalter bestehen zwar auch Differenzen, jedoch sind diese im Hinblick auf die physiognomische Struktur unerheblich. Xerotherme und mesophile Eichenmischwälder sind weitgehend einheitlich. Der Wassermangel als Bremse im Höhenwachstum wird sich zuerst bei den extremen Ausbildungen bemerkbar machen. Diese sind die ersten, die somit in die Optimalphase eintreten. Trägt man die Daten über dem Alter ein, so bekommt man hier den Zeitraum von 50 bis 70 Jahren. Die anderen Ausbildungen folgen gestaffelt nach.

Da das Dickenwachstum auch in den extremen Ausbildungen weiter geht, entstehen die typischen, kurzschaftigen und breitkronigen Formen. Unsere Altvorderen wußten also genau, warum sie diese Wälder als Niederwälder nutzten.

### 2.2. *Standort und Baumartenzusammensetzung als Strukturmerkmal*

Reinbestände einer Baumart sind im collinen Bereich vielerorts keine typische Erscheinung. Welche Form der Mischung und damit welchen strukturellen Aufbau wir vorfinden, hängt von der Hauptholzart und ihrer Toleranz einerseits sowie andererseits von der Plastizität etvtl. Nebenbaumarten ab. Gerade die ökologische Plastizität, d. h. die Fähigkeit, auch unter extremen Bedingungen zu leben, bestimmt die physiognomische Struktur unserer Bestände entscheidend mit. Aus dem Verhalten der Nebenbaumarten ergeben sich aber auch wichtige Hinweise auf die Standortsqualitäten.

Bei der Behandlung dieser Frage ist es schwierig, irgendwelche Generallinien herauszuarbeiten. Es gibt die vielfältigsten Abwandlungen. Daher erscheint es zweckmäßig, das Problem an Beispielen zu diskutieren.

Die Buche ist im Hinblick auf ihre Toleranz eine ausgeprägt unduldsame Baumart. Von der Struktur her gehört der mesophile Buchenwald gleich welcher Ausbildung zum armseligsten, was wir uns vorstellen können. Nicht umsonst spricht man von der sog. Hallenstruktur. Der Konkurrenzdruck durch Wasser- und Lichtentzug ist selbst im extremsten Buchenwald im Bereich der Kronen so stark, daß darunter keine Strauchschicht von Bedeutung anzukommen vermag. Die Folge der extremen Standortsverhältnisse besteht in einer Durchbrechung des Kronenschlusses. Auf diesen Lücken vermag die Buche die aufkommenden Mischbaumarten wie Eichen, Linden oder Sorbus-Arten nicht mehr entscheidend zu behindern. Diese wachsen in die Lücken des Kronendaches ein. Dadurch entsteht aber wieder eine weitgehende Einschichtigkeit. Lassen klimatische Verhältnisse das Aufkommen bestimmter Mischbaumarten nicht mehr zu, so entstehen Bilder, wie sie in den montanen Sesleria-Buchenwäldern oft beobachtet werden können. Breitkronige und kurzschaftige Buchen stocken recht locker verteilt über der ganzen Fläche, so daß man den Eindruck einer Obstplantage hat. Andererseits haben wir in solchen Fällen zu prüfen, ob nicht der Mensch durch gezielte Eingriffe die Baumartenkombination abgewandelt hat. An anderer Stelle (vgl. FÖRSTER 1967) haben wir bereits darauf hingewiesen, daß die Carici-Fageta der Wahnfrieder Plesse im Werratal in der heutigen Artenzusammensetzung die Folge solcher gezielten Eingriffe sind.

Nun haben z. B. die Kalkbuchenwälder im Bereich der mesophilen Ausbildungen einen durchaus beachtlichen Anteil an Mischhölzern. Wie überall zu beobachten ist, sind Esche und Ahornarten die ersten, die sich in großer Menge in der Verjüngung einstellen. Auf eine Verbesserung der Lichtverhältnisse reagieren sie spontan mit einem starken Höhenwachstum. Es hat zeitweise den Anschein, als sei die Buche hier eliminiert worden. An ausgewachsenen Beständen ist aber zu beobachten, daß die Buche die Hauptholzart geblieben ist. Im Gegenteil bedrängt sie die Edellaubhölzer in zunehmendem Maße, d. h. vor allem die Eschen. Diese Umstrukturierung ist dadurch zu erklären, daß die Buche infolge der optimalen Standortsverhältnisse den Konkurrenzdruck der anderen Baumarten ohne weiteres aushält. Durch ein stetiges Wachstum überwindet sie diesen sogar. Zu einem Zeitpunkt, an dem die Edellaubhölzer im Höhenwachstum zurücksetzen, wächst die Buche als langsamere Starterin weiter und überholt die Sprinter, die sich bereits verausgabt haben. Um im Bestand zu überleben, müssen diese Arten einen Vorsprung nach Zahl der Individuen und Alter in der Jugendphase haben. Gleichzeitiger Start führt ohne Pflegeeingriffe unweigerlich zu Buchenreinbeständen.

Ganz anders nun der Eichenmischwald. Die Struktur der Eichenkrone ist so locker und der Abstand zwischen den Kronen i. a. so groß, daß sich im Zwischen- und Unterstand eine Vielzahl von Baumarten halten kann. Der Eichenmischwald ist im strukturellen Aufbau die reichste Gesellschaft mit der stärksten Schichtung. Das gleiche trifft aber auch für den Wurzelraum zu. Im Gegensatz zum Buchenwald, der den Wurzelraum recht einseitig ausnutzt, wird der Boden durch die Eiche und ihre Begleiter in vollkommener Weise aufgeschlossen.

Hainbuche und Winterlinde als die wichtigsten Mischbaumarten der Eichenwälder sind nun nicht nur in ähnlichem Maße wie die Buche befähigt, Schatten zu ertragen. Gegenüber dieser haben sie

den Vorteil, daß sie in ihrer ökologischen Variationsbreite wesentlich breiter angelegt sind. Sie vermögen u.a. ausgeprägte Trockenperioden ohne Schaden zu überstehen. Dies erklärt sich aus den klimatischen Verhältnissen ihrer Hauptverbreitungsgebiete. Beide Baumarten treten bei uns mit der Buche in Konkurrenz. Ergeben sich nun aus edaphischen oder lokalklimatischen Gegebenheiten heraus Situationen, die denen im kontinentalen Bereich entsprechen, so werden beide Arten die Buche überflügeln. Infolge ihrer Plastizität vermögen sie zu einem Zeitpunkt noch aktiv zu wachsen, an dem die Buche bedingt durch Trocknis das Wachstum bereits eingestellt hat. Bei einer Summierung dieses Einflusses über die Jahre wird die Buche verdrängt. Sie wird nur noch im Unterstand oder gar in der Strauchschicht zu finden sein. Letzteres setzt aber voraus, daß fructificierende Exemplare in der Nähe stehen. In seiner optimalen Ausbildung stellt sich uns der mesophile Eichenmischwald als eine in der Kronenschicht tief gestaffelte Gesellschaft dar. Bei einer Verschlechterung der Wasserversorgung, die durch Änderungen in der Bodenstruktur oder durch Verminderung der Niederschläge hervorgerufen werden kann, sind Winterlinde und Hainbuche, da sie flacher wurzeln, die ersten, auf die sich die Veränderung auswirken wird. Die Folge ist ein Nachlassen des Höhenwachstums. In der soziologischen Stellung sinken sie von gleichgeordneten zu untergeordneten bis unterdrückten Baumarten ab. An ihre Stelle treten nun Arten, die die extremeren Verhältnisse besser ertragen wie z. B. die Elsbeere. Diese Art ist nunmehr am Aufbau der Baumschicht als physiognomisch wichtiges Element beteiligt. Der Vorgang ist hier also ein ähnlicher wie bei der Ablösung der Buche durch Winterlinde und Hainbuche. Damit wird aber nicht gesagt, daß die Elsbeere notwendigerweise auch die besten Leistungen in diesem Bereich haben muß. Die stärksten Elsbeeren stehen vielmehr im Galio-Carpinetum. Hier ist jedoch der Konkurrenzdruck von Hainbuche und Winterlinde normalerweise so stark, daß sich die Baumart nur vereinzelt durchsetzen kann. Physiognomisch tritt in diesen Bereich, mitverursacht durch das Absinken der mesophileren Baumarten in Unterstand und Strauchschicht, letztere als wichtiges Element in zunehmendem Maße hervor. Bei der weiteren Verschärfung des Wasserhaushaltes wird dann allein die Eiche in der Baumschicht verbleiben. Physiognomisch steht eine aufgelockerte Baumschicht über einer mehr oder weniger üppigen Strauchschicht. Diese Differenzierung geht auch verloren, wenn die Eiche gegen die Waldgrenze hin nur noch zu einem 5 bis 10 m hohen Krüppelbaum heranwächst. Physiognomisch fließen Baum- und Strauchschicht ineinander.

Wir hatten erwähnt, daß in der Aufbauphase bis etwa zum Stangenholzalter ein xerothermer Eichenwald in der Physiognomie kaum von einem mesophilen zu unterscheiden ist. Diese Schwierigkeit besteht auch hinsichtlich der Artenzusammensetzung. In unserem Raum tritt der überwiegende Teil der Mischbaumarten in beiden Bereichen auf.

Im status nascendi wurzeln alle Baumarten und Individuen im gleichen Horizont, sind also den gleichen Bedingungen ausgesetzt. In der Folge kommt es darauf an, welche der Arten unter dem Konkurrenzdruck die Standortsverhältnisse am besten ausnutzen kann. So ist es möglich, daß die Eiche tiefere Bodenschichten erreicht und zu Zeiten weiter wächst, in denen die anderen Arten infolge Trocknis ihr Wachstum eingestellt haben. Es ist aber auch denkbar, daß die Eiche solche Extreme infolge ihrer ökologischen Plastizität ohne physiologische Schäden besser erträgt. Sie vermag zu wachsen, während die Mischbaumarten den Schaden erst regenerieren müssen.

In der Bestandesdynamik treten diese Ereignisse aber nicht von Anfang an auf. Sie werden erst infolge des mit steigendem Alter zunehmenden Wasserbedarfes des Einzelbaumes wirksam. Bis zu gewissen Altersperioden, etwa dem angehenden Stangenholz, sind daher die Eichenmischwälder physiognomisch nicht zu unterscheiden (s. o.).

### 3.3. *Die Strauchschicht als strukturelles Merkmal*

Die Strauchschicht und ihre Ausformung sind von erheblicher Bedeutung für die Beurteilung des Standortes. Sie bildet ein charakteristisches Merkmal bestimmter Waldgesellschaften der collinen Stufe. Die Ausbildung einer Strauchschicht ist weitgehend vom Aufbau der Baumschicht und der dadurch bedingten Modifikation des Lichtfaktors, danach vom Standort abhängig.

In unseren Buchenwäldern haben es selbst die Mischbaumarten schwer, sich gegen die Konkurrenz der Buche durchzusetzen. Um so mehr gilt dies für die Sträucher. Der mesophile Buchenwald ist sehr strauchram bzw. sogar strauchfrei. Hier ist Strauchreichtum das Zeichen einer Störung des Gefüges oder ein Zeichen der Plenterphase. Zudem wird die Strauchschicht vor allem von Baumarten zusammengesetzt. Im xerothermen Buchenwald verbessern sich zwar die Bedingungen, doch sind, worauf bereits hingedeutet wurde, Artenreichtum und Vitalität der Sträucher eingeschränkt. Sie kommen vorwiegend unter Mischhölzern und hier vor allem unter der Eiche an.

Ebenso strauchram ist auch der mesophile Eichenmischwald. Die tief gestaffelte Kronenschicht läßt kaum Licht an den Boden. Mit nachlassendem Wuchs, dem Absinken der Mischhölzer in niedere Bestandesschichten sowie xerischer Ausformung von Blättern und Kronen werden im Eichenwald die Innenbedingungen so verbessert, daß die Straucharten gedeihen können. Eine artenreiche und vitale Strauchschicht ist ein typisches Merkmal xerothermer Eichenwälder und nicht anthropogen bedingt.

Diese Differenzierungen in der Bestandesphysiognomie ergeben sich aber erst in der Optimalphase des Bestandes. In der Jugendphase sind die Voraussetzungen für das Gedeihen einer Strauchschicht auch im xerothermen Eichenwald so schlecht, daß diese fehlt. Besonders schwierig wird es bei uns, wenn auch die Buche sich am Aufbau xerothermer Eichenwälder beteiligt. In der Jugendphase sind dann bis zu einem gewissen Zeitpunkt colline Buchenmischwälder, die Hainbuchen/Eichenwälder und die xerothermen Eichenwälder nach der Struktur nicht mehr zu unterscheiden. Das standortsabhängige Merkmal des Verbleibens der Mischhölzer in der 2. Baumschicht oder Strauchschicht kommt noch nicht wirksam zum Ausdruck. Zudem fehlen die Merkmale, die die Artzusammensetzung der Strauchschicht liefert und auch die Bodenvegetation vermag hier keine Hilfe zu geben. Dieses in der Form vielleicht überzeichnete Beispiel wurde nur angeführt um zu zeigen, daß es bei der Beurteilung mancher Gegebenheiten nicht richtig sein kann, von Entwicklungsphasen im Bestandesleben auszugehen, die noch die typischen Bilder zeigen.

### 2.4. *Floristische Struktur der Bodenvegetation*

Die Bodenvegetation ist innerhalb des Komplexgefüges Wald sowohl vom Standort als auch in ganz entscheidendem Maße von der Konkurrenzwirkung der Baum- und Strauchschichten abhängig. Innerhalb der Krautschicht bestimmen die ökologische Variationsbreite und das Konkurrenzverhalten das Auftreten und die Verteilung bestimmter Arten innerhalb der gesamten Artenkombination auf dem Standort. Wesentlich für das vitale Auftreten der Bodenpflanzen ist der Lichtfaktor. Ungenügender Lichtgenuß verhindert das Aufkommen auch anspruchsloser Arten. So ist es typisch für die Aufbauphase der Bestände mit ihrem dichten Schluß, daß wir kaum bzw. keine Bodenvegetation finden. Von einem gewissen Alter an beginnen dann die für die Gesellschaften typichen Arten sukzessive einzuwandern. Die volle Entfaltung in der für den Standort typischen Zusammensetzung wird die Krautvegetation aber erst in der Optimalphase erreichen. Wie gezeigt wurde, tritt dieses Stadium in je nach den Standortsverhältnissen verschobenen Altersperioden ein. Gleichaltrige Bestände, die aber standortsbedingt einer unterschiedlichen bestandesdynamischen Phase angehören, können daher soziologisch nicht exakt verglichen

werden. So mag manche Art zum Zeitpunkt der Aufnahme mit reduzierter Vitalität auftreten, obwohl sie im Optimalstadium ein charakteristisches Element der Bodenvegetation ist.

Wir dürfen dabei Veränderungen des Lichtfaktors nicht isoliert sehen. Damit gekoppelt sind Variationen anderer Faktoren wie Wärmegenuß, Wasserhaushalt des Oberbodens etc. Durch die „Verlichtung" im Rahmen der Bestandesentwicklung werden die ökologischen Gegebenheiten innerhalb des Bestandes insgesamt umgestaltet. Entscheidend für das konkurrenzkräftige Auftreten der Arten ist es, daß die durch die Baum- und Strauchschicht gesteuerten ökologischen Binnenverhältnisse den Ansprüchen der Art genügen. Es wird daher klar, daß einzelne bestandesdynamische Phasen einer Gesellschaft in den Binnenverhältnissen mit bestimmten Entwicklungsstadien anderer Gesellschaften übereinstimmen. So ist es denkbar, daß der colline Kalkbuchenwald in der Optimalphase in seiner Artenkombination weitgehend übereinstimmt mit der späten Aufbauphase eines Eichen/Hainbuchenwaldes und der frühen Aufbauphase eines xerothermen Eichenwaldes. So sind ferner die Optimalphasen xerothermer Eichenwälder den Zerfallsphasen mesophiler Eichenwälder sehr ähnlich. Diese Übereinstimmung der Binnenverhältnisse hat zur Folge, daß Arten, die in einem Falle typisch für die Gesellschaft sind, im anderen Falle als Verlichtungsanzeiger erscheinen.

Die Gegebenheiten, einerseits im Rahmen lokaler Standortsunterschiede vorhanden, spielen im geographischen Bereich eine beträchtliche Rolle. Gerade Reliktgesellschaften oder Reliktarten können hier gute Beispiele liefern. Sofern die ökologischen Binnenverhältnisse von in einem Gebiet heute vorhandenen Waldbiozönosen nicht den Anforderungen bestimmter Artengruppen genügen, die für die Optimalphasen von im waldgeschichtlichen Rahmen einmal vorhanden gewesenen Gesellschaften typisch waren, werden sich diese Arten an Standorte zurückziehen, in denen sie den Konkurrenzwirkungen von Baum-, Strauch- und Krautarten der aktuellen Vegetation nicht unterliegen. Andererseits muß der Standort aber noch im Rahmen der ökologischen Variationsbreite liegen. Auf diese Tatsache ist es zurückzuführen, daß xerotherme Eichenwaldarten vielerorts prächtige Saumgesellschaften bilden.

Noch gravierender als die Baumschicht wirkt eine vorhandene oder nicht vorhandene Strauchschicht auf die Bodenvegetation ein. Eine gut entwickelte Strauchschicht bildet ein ernsthaftes Hindernis für die Bodenvegetation. Bei Störungen kann es zur Ausbildung ausgesprochener Nudum-Typen kommen, in denen die Bestände nur aus Baum- und Strauchschicht aufgebaut sind. Aber auch in normal strukturierten Gesellschaften ist die Wirkung der Strauchvegetation so groß, daß sich die Krautvegetation vorwiegend auf den Lücken versammelt und so ein Mosaik vorgetäuscht wird. Ist aber im umgekehrten Fall die Strauchschicht anthropogen eliminiert worden, so bilden sich Facies-Bestände der Bodenvegetation wie z. B. von Molinia arundinacea, Calamagrostis arundinacea u. a. Die Strauchvegetation wirkt aber nicht nur durch Lichtentzug sondern auch durch die Wurzelkonkurrenz um Wasser und Nährstoffe.

Wasservorrat, Rhythmus der Wasserführung sowie die Speicherfähigkeit des Bodens für Wasser, also der Wasserhaushalt des Bodens, wirkt sich auf die Konkurrenzfähigkeit der Bodenvegetation aus.

So bedingt die Niederschlagsverteilung im kontinentalen Raum einen bestimmten Rhythmus der Wasserführung im Boden. Vor allem der Oberboden trocknet im Sommer stark aus. Diesen Gegebenheiten sind nun nicht nur Bäume und Sträucher sondern auch bestimmte Artengruppen der Bodenvegetation in ihrem jahreszeitlichen Lebensablauf angepaßt. Ein Beispiel ist das Auftreten der anspruchsvollen Frühjahrsgeophyten Scilla bifolia, Corydalis-Arten, Anemone ranunculoides u. a. in den Steppenwäldern der ungarischen Tiefebene. Dieser scheinbare Anachronismus erklärt sich daraus, daß die Böden im Frühjahr frisch bis feucht sind. Erst im Sommer trocknen sie aus. Dann spielt es aber für die Geophyten keine Rolle mehr. Demgegenüber ist bei uns die Geophyten-Facies ausgebildet, weil im Frühjahr gute Lichtverhältnisse infolge des fehlenden Laubes herrschen. Von weiter verbreiteten Bodenpflanzen, die der zeitweisen Sommertrocknis angepaßt sind, können wir Galium silvaticum, Carex montana, Potentilla alba, Dictamnus albus, Stachys betonica, Serratula tinctoria u. a. anführen.

Außerhalb der Gebiete, in denen Sommertrockenheit herrscht, werden diese Arten durch den Konkurrenzdruck der den veränderten Verhältnissen besser angepaßten Arten verdrängt werden. Sie weichen auf Standorte aus, deren Rhythmus in der Wasserführung sie konkurrenzkräftig macht. So geht z. B. in subozeanischen Gebieten der subkontinentale Waldlabkraut-Hainbuchen/Eichenmischwald auf die wechseltrockenen Standorte.

Ähnliche Gegebenheiten weisen im Wasserhaushalt auch die Molinia-Wiesen auf. Es darf daher nicht verwundern, wenn Serratula tinctoria oder Stachys betonica auch in diesen Gesellschaften erscheinen.

Setzen wir den Fall, es gäbe im gesamten Raum keinen Standort, der den „kontinentalen Rhythmus" der Wasserführung aufweist, so werden die Arten entweder verschwinden oder dort auftreten, wo sie innerhalb ihrer Variationsbreite dem Konkurrenzdruck der heimischen Flora am wenigsten ausgesetzt sind. Oft genug sind das wieder die xerothermen Saumgesellschaften.

Bei eigenen Untersuchungen im xerothermen Eichenwald fiel nun auf, daß kontinentale Arten auch bei uns noch den Rhythmus der für ihr Heimatgebiet typischen Vegetationsperiodizität beibehielten. So begann der Diptam vielerorts bereits Mitte August mit der Blattverfärbung. Im September waren oft nur noch die Stengel zu finden. Er stellt also seine Wachstumsperiode zu einem Zeitpunkt ein, in dem in den kontinentalen Steppenwäldern extreme Trockenheit herrscht. Vergegenwärtigen wir uns, daß die heimische Bodenvegetation zu dem Zeitpunkt noch keinesfalls aufhört zu wachsen, so wird deutlich, daß diese die kontinentalen Arten überflügeln muß.

Andererseits ist der Fall denkbar, daß die Wasserführung des Bodens ein Gedeihen der heimischen Vegetation ausschließt oder nur mit reduzierter Vitalität zuläßt. In diese „Lücken" werden Arten hineinstoßen, die sich hier zwar auch nicht im Optimum befinden, die aber infolge fehlender Konkurrenz den bestehenden Verhältnissen besser angepaßt sind. Ein recht typisches Beispiel ist Sesleria varia im xerothermen Kalkbuchenwald.

Ähnliche Analysen sind z. B. möglich für den Nährstoffhaushalt, Hitzeeinwirkung, Frost u. a. m. Zu beachten wäre dabei auch die Ersetzbarkeit von Standortsfaktoren. So kann mangelnder Lichtgenuß durch Nährstoffreichtum ersetzt werden. Erinnert sei hier an die Unterschiede zwischen collinen Buchenwäldern auf Kalk und Löß. Leider fehlt aber an dieser Stelle die Zeit, Beispiele eingehender zu diskutieren.

## Zusammenfassung

Abschließend kann folgendes festgestellt werden:

1. Der Standort in seiner Gesamtheit ist Grundlage der floristischen und physiognomischen Struktur unserer Wälder. Er steuert die Zusammensetzung der Pflanzenbestände dadurch, daß er über die ihm immanenten Gegebenheiten die Konkurrenzkraft der verschiedenen, möglichen Arten beeinflußt und somit eine Auslese in der für den Standort kennzeichnenden Richtung bewirkt.

2. Jeder Bestand besitzt eine standortsabhängige Dynamik, die zu verschiedenen strukturellen Phasen im Bestandesaufbau führt.

3. Die Baumschicht als bestimmendes Element der Waldvegetation nimmt in entscheidendem Maße Einfluß auf die Strukturen der niederen Vegetationsschichten innerhalb des Bestandes. Sie kann die allgemeinen Bedingungen verschärfen (Wasserhaushalt) oder abschwächen (Frost). Ein sehr wesentlicher Einfluß besteht in der

Steuerung des Lichtfaktors und der damit gekoppelten ökologischen Faktoren.

4. Jede Pflanze besitzt eine bestimmte ökologische Variationsbreite, die sie befähigt, auf den verschiedensten Standorten zu wachsen. Durch die Konkurrenzwirkung der Mitbewerber werden die Arten entweder auf für sie optimale Standorte zusammengedrängt, oder sie erscheinen dort, wo sie innerhalb ihrer Variationsbreite nicht mehr der Konkurrenz der anderen Arten unterlegen sind. Wichtig ist dabei, daß, wie es H. Walter ausdrückte, das Gesetz der relativen Standortskonstanz zum Wesen der Pflanzen gehört.

Grundlage allen Waldbaues muß der Standort sein. Nur eine sorgfältige Standortsanalyse kann zu sinnvollen waldbaulichen Entscheidungen führen. Im Walde legen wir durch unsere Entscheidungen die Bewirtschaftung von Beständen und die Baumartenzusammensetzung für 100 und mehr Jahre fest. Eine Fehlentscheidung, entstanden aus der Nichtbeachtung des Standortes, erfordert immer erneute Opfer an Zeit und Geld.

Man sollte sich einmal Gedanken darüber machen, welche Bestände im Hinblick auf die vieldiskutierte Extensivierung der Wirtschaft geeigneter sind. Das Bestreben müßte hier eigentlich dahin gehen, Bestände aufzubauen, die in ihrem Verhalten so elastisch sind, daß sie eine ausbleibende Pflege über Jahrzehnte ohne biologischen Schaden ertragen können. Für den Bereich der collinen Laubmischwälder sind die Fichtenforste mit ihrem labilen Gefüge keinesfalls die erstrebenswerten Bestandestypen. Um diese gesund zu erhalten, werden immer erneute Aufwendungen notwendig sein; statt zu extensivieren wird im Grunde, denken wir an die Zukunft, im höchsten Maße intensiviert. Welche wirtschaftlichen Funktionen unser Wald in Zukunft zu erfüllen haben wird, können wir heute nicht mit Sicherheit sagen. Wir wissen nur, daß er auch in Zukunft ein wichtiger Faktor bei der Gesunderhaltung der Landschaft sein wird. Danach sollten sich unsere Maßnahmen in erster Linie ausrichten.


**Summary**

Title of the paper: *The Effect of Site on Forest Physiognomy and Floristics in Hill Broadleaved Forests.*

The site factors regulate floristic composition by affecting the competitive status of potentially component species, and consequently determine the physiognomy and floristics of forests.

2. Any stand has its site-related dynamic and consequent structural phases of development.

3. The tree layer influences the understorey by dampening or increasing factor functions, such as of water, temperature or light.

4. Site tolerance and competitive ability determine the occurrence of species as a function of their relative site constancy. Short- and longterm silvicultural planning must be soundly based on site analyses and should aim at stands with wide tolerance to tending intensity. This would exclude pure spruce stands from the sites of hill broadleaved forests which may require intensive tending practices. Decisions should be guided by considerations of a healthy landscape ecology under the aspects of economic uncertainties. E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Influence de la station sur la structure physionomique et floristique des associations forestières, d'après l'exemple de forêts feuillues mélangées collinaires.*

Les conclusions suivantes on pu être établies:

1. Prise dans son ensemble, la station consitue l'élément fondamental de la structure physionomique et floristique de nos forêts. Par le jeu de la concurrence entre les différentes espèces possibles dans les conditions qui lui sont inhérentes, la station modèle la composition des peuplements et provoque une sélection suivant une direction caractéristique pour elle.

2. Chaque peuplement possède une dynamique liée à la station qui conduit à différentes phases structurales dans son évolution.

3. La strate arborescente, en tant qu'élément essentiel de la végétation forestière, a une influence prépondérante sur les structures des strates inférieures de la végétation à l'intérieur du peuplement. Elle modifie les conditions générales du milieu, par exemple en augmentant les réserves en eau et en diminuant les gelées. Elle a une influence particulièrement importante sur les facteurs d'éclairement et, partant, sur les autres facteurs qui leur sont liés.

4. Chaque espèce a une amplitude de variation écologique bien définie qui lui permet de se développer sur les stations les plus variées. Sous l'influence de la concurrence des autres membres de l'association végétale, les espèces, ou se limitent aux stations représentant pour elles un optimum, ou apparaissent là où, encore dans les limites de leur amplitude de variation écologique, elles n'ont plus à souffrir de la concurrence d'autres espèces. Sur ce point il est important que la loi de la «constante stationnelle relative» appartienne comme l'a indiqué H. Walter, à la nature même des plantes.

La station doit être le fondement de toute sylviculture. Seule une analyse attentive de la station peut conduire à des décisions rationnelles en matière sylvicole. En forêt, nos décisions engagent l'avenir pour un siècle et même plus en ce qui concerne la mise en valeur des peuplements et la répartition des essences. Toute décision erronée consécutive à une méconnaissance des conditions de station exigera des sacrifices toujours renouvelés en temps et en argent.

Dans l'optique — très discutée — d'une économie plus extensive, on doit se demander quels sont les peuplements qui y sont le mieux adaptés. Il faut dans ce cas s'attacher particulièrement à créer des peuplements qui soient suffisamment «élastiques» dans leur comportement pour qu'ils puissent rester sans soins pendant plus d'une décennie sans qu'il en résulte des dommages biologiques. Dans la zone des forêts mélangées collinaires la pessière avec sa structure peu stable ne constitue pas le type de peuplement adapté. Pour la maintenir dans un état sanitaire satisfaisant, des interventions réitérées seront nécessaires; au lieu d'un traitement extensif nous sommes amenés à envisager ultérieurement un traitement intensif. Ce que seront à l'avenir les fonctions économiques de nos forêts ne peut être indiqué dès aujourd'hui avec certitude. Ce que nous savons seulement c'est qu'elles constitueront alors un facteur important pour le maintien de l'état sanitaire satisfaisant en zones rurales. Toutes les mesures que nous prenons doivent oeuvrer dans ce sens. J. M.


**Literatur**


Becker, H.: Zur Flora der Wärmegebiete der Umgebung von Linz. Naturkundl. Jahrb. Stadt Linz, 1958. — Ellenberg, H.: Grundlagen der Vegetationsgliederung. In der Reihe: Walter, H.: Phytologie, Bd. IV, 1. Stuttgart, 1956. — Ders.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In der Reihe: Walter, H.: Phytologie, Bd. IV, 2. Stuttgart, 1963. — Ders.: Leben und Kampf an den Baumgrenzen der Erde. Naturwiss. Rundschau 19, 1966. — Fukarek, F.: Die Waldgesellschaften im Muschelkalk-Durchbruchsgebiet der untersten Unstrut. Diss. mscr. Halle, 1952. — Förster, M.: Zum Problem der soziologisch-physiognomischen Struktur thermophiler Eichenmischwälder. Mittlg. aus d. Inst. f. Waldbau-Grundlagen 1, Hann. Münden, 1967. — Freitag, H.: Einführung in die Biogeographie von Mitteleuropa unter besonderer Berücksichtigung von Deutschland. Stuttgart, 1962. — Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschichten. Braunschweig, 1961. — Hartmann, F. K.: Naturnahe Waldgesellschaften Deutschlands in regionaler und standortsökologischer Anordnung. In: Müller, R.: Grundlagen der Forstwirtschaft. Hannover, 1959. — Ders., Eimern, J. van, Jahn, G.: Untersuchungen reliefbedingter kleinklimatischer Fragen in Geländequerschnitten der hochmontanen und montanen Stufe des Mittel- und Südwestharzes. Ber. d. Deutsch. Wetterdienstes Nr. 50, Bd. 7. Offenbach, 1959. — Ders., Jahn, G.:

Waldgesellschaften des mitteleuropäischen Gebirgsraumes nördlich der Alpen. Stuttgart, 1967. — HOFMANN, G.: Waldgesellschaften der östlichen Uckermark. Feddes Repert. Beih. 142. Berlin, 1965. — Ders.: Über Vegetationskomplexe unter besonderer Berücksichtigung der Trockenwald-Komplexe. Feddes Repert. Beih. 142. Berlin, 1965. — HORVAT, I.: Laubabwerfende Eichenzonen Südosteuropas in pflanzensoziologischer, klimatischer und bodenkundlicher Betrachtung. Angew. Pflanzensoziologie 15. Stolzenau, 1958. — JAKUCS, P.: A domborzat és a növénzet kapcsolatáról (Über die Zusammenhänge zwischen Relief und Vegetation). Magyar Tud. Akad. Földrajztud. kutatócsoport, Közl. Budapest, 1962. — Ders.: Mikroklimatische Untersuchungen im Berührungsgebiet der mediterranen und submediterranen Vegetation Albaniens. Arch. Natursch. u. Landschaftspfl. 7. Berlin, 1967. — KIELLAND-LUND JR., J.: Lågurtgranskogen og dens erstatningssamfun på Furnberget (Ein krautreicher Fichtenwald und seine Ersatzgesellschaften auf Furnberget). Meddel. Norgske Skogsforsøksvesen, Vollebekk, 1967. — KOVACS, M.: Zönologische und experimentell-ökologische Untersuchungen in der Umgebung von Parad. Acta Bot. Acad. Sc. Hung., Budapest, 1964. — KRAUSE, W.: Das Mosaik der Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Vegetationskunde. Planta 41. Berlin, 1952. — KUHN, K.: Die Pflanzengesellschaften im Neckargebiet der Schwäbischen Alb. Öhringen, 1937. — LAMPRECHT, H.: Über waldbauliche Grundlagenforschung. AFJZ 138. Frankfurt/M., 1967. — LOHMEYER, W.: Über den Stieleichen-Hainbuchenwald des Kernmünsterlandes und einige seiner Gehölz-Kontaktgesellschaften. Schriftenreihe f. Vegetationskunde 2. Bad Godesberg, 1967. — MEUSEL, H.: Mitteldeutsche Vegetationsbilder; 1. Die Steinklöbe bei Nebra und der Ziegelrodaer Forst. Hercynia 1. Halle, 1937. — Ders.: Die Vegetationsverhältnisse der Gipsberge im Kyffhäuser und im südlichen Harzvorland. Hercynia 2. Halle, 1939. — Ders.: Die Eichenmischwälder des mitteldeutschen Trockengebietes. Wiss. Zeitschr. Univ. Halle, Math.-Nat. R. Halle, 1951/52. — Ders.: Vegetationskundliche Studien über mitteleuropäische Waldgesellschaften; 4. Die Laubwaldgesellschaften des Harzgebietes. Angew. Pflanzensoziologie, Festschr. Aichinger. Wien, 1954. — Ders.: Über Wälder der mitteleuropäischen Löß-Ackerlandschaften. Wiss. Zeitschrift Univ. Halle, Math.-Nat. R. Halle, 1954. — MIKYSKA, R.: Über die facielle Entwicklung des Unterwuchses in wirtschaftlich beeinflußten Wäldern. Preslia 36. Prag. 1964. — MÜLLER, Th.: Die Saumgesellschaften der Klasse Trifolio-Geranietea sanguinei. Mittlg. Flor.-soz. Arbeitsgem. N. F. 9. Stolzenau, 1962. — Ders.: Die geographische Gliederung des Galio-Carpinetum und des Stellario-Carpinetum in Südwestdeutschland. Beitr. Naturk. Forsch. SW-Deutschl. XXVI. Karlsruhe, 1967. — NEUWIRTH, G.: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an den Hängen des Lindbusches, der Harslebener Berge und des Steinholzes. Wiss. Zeitschr. Univ. Halle, Math.-Nat. R. Halle, 1958. — OBERDORFER, E.: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Pflanzensoziologie 10. Jena, 1957. — PASSARGE, H.: Waldgesellschaften des mitteldeutschen Trockengebietes. Archiv f. Forstwesen 2. Berlin, 1953. — RUBNER, K.: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. Radebeul/Berlin, 1960. — RÜHL, A.: Flora und Vegetation der deutschen Naturräume. Erdkundl. Wissen 5/6. Wiesbaden, 1958. — SCAMONI, A.: Einführung in die praktische Vegetationskunde. Berlin, 1955. — Ders.: Waldgesellschaften und Waldstandorte. Berlin, 1960. — SCHLÜTER, H.: Edaphisch und klimatisch bedingte Ausbildungen des Eichen-Hainbuchenwaldes vom mittleren Saaletal zum Thüringer Becken. Exkursionsf. Int. Symp. üb. Eichen-Hainbuchenwälder. Reinhardsbrunn, 1967. — TRANQUILLINI, W.: Beitrag zur Kausalanalyse des Wettbewerbs ökologisch verschiedener Holzarten. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 75. 1963. — WALTER, H.: Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 68. 1955. — Ders.: Phytologie Bd. III, 1. Grundlagen der Pflanzenverbreitung; Standortslehre. Stuttgart, 1960. — WILHELMY, H.: Das Wald-, Waldsteppen- und Steppenproblem in Südrußland. Geograph. Zeitschr. 29. 1943. — Zolyomi, B.: Methode zur ökologischen Charakterisierung der Vegetationseinheiten und zum Vergleich der Standorte. Acta Bot. Acad. Sc. Hung. Budapest, 1964.

# Gesellschaftsformen der Bodenvegetation

## Ein Hilfsmittel für die Unkrautbekämpfung und für die forstliche Standortsgliederung

(Mit 1 Abbildung und 5 Übersichten)

Von WERNER KLÖCK

**Gliederung:**

1. Einleitung
   a) Bodenvegetation und Standortskunde
   b) Bodenvegetation und Herbizideinsatz
2. Ordnung der Bodenvegetation nach ökologischen Artengruppen (Arbeitsweise, Untersuchungsgebiet)
3. Auswertungsbeispiele für die ökologischen Artengruppen
   a) Für den Herbizideinsatz
   b) Für die Standortskartierung
   c) Für die Charakterisierung von Waldgesellschaften
4. Verbreitung der ökologischen Artengruppen in den beschriebenen Waldgesellschaften
5. Verbreitung der ökologischen Artengruppen in verschiedenen Wuchsgebieten.

### 1. Einleitung

Die Vegetationskunde liefert ein gutes Beispiel dafür, daß eine ursprünglich zweckfreie Forschungsrichtung, die aus reinem Forscherdrang und Interesse an der Sache betrieben wurde, überraschend eine große praktische Bedeutung bekommen kann.

#### *a) Bodenvegetation und Standortskunde*

Seit längerem ist sie für die forstliche Standortskunde unentbehrlich, weil sich mit ihrer Hilfe die Standortseinheiten besser definieren und kartieren lassen. G. A. KRAUSS, der Begründer der in Süddeutschland angewendeten standortskundlichen Arbeitsrichtung — und von Haus aus Bodenkundler — hat in diesem Zusammenhang freimütig bekannt: „Im Winter ist der Bodenkundler blind“. Er hat der Bodenvegetation besonderes Gewicht beim Ansprechen von Wasserhaushalt und Nährstoffgehalt und bei der flächenmäßigen Abgrenzung einzelner Standortseinheiten und ganzer Wuchsbezirke beigemessen.

SCHLENKER hat die vegetationskundliche Gliederung der Pflanzengesellschaften mit der regionalen Betrachtungsweise von G. A. KRAUSS in Einklang gebracht und so diese beiden Arbeitsrichtungen in der forstlichen Standortskunde verbunden (25). Maßgebend hierfür war die Erkenntnis, daß sich durch kombinierte Anwendung vegetationskundlicher und bodenkundlicher Begriffe der Wasserhaushalt und Nährstoffgehalt von Einzelstandorten, sowie die Besonderheiten ganzer Klimabereiche (Wuchsbezirke) unabhängig von mehr gefühlsmäßiger Beurteilung auf eine präzise und regional vergleichbare Grundlage stellen und in forstlichen Diskussionen auf die kürzeste Formel bringen lassen (13).

Versucht man dagegen beispielsweise mit dem Boden allein auszukommen, so bleibt die Charakterisierung unzureichend.

Auf der Münchener Jagd-, Forst- und Holzausstellung 1963 wurde sehr eindrucksvoll das Bild einer Braunlehmparabraunerde gezeigt, die im Forstamt Sachsenried (im westlichen Moränengebiet) Fichtenhochleistungsbestände hervorbringt. Der gleiche Bodentyp ist auf der Fränkischen Platte für die Nachzucht von Furniereichen besonders gut geeignet (11). Über andere deutliche regionale Leistungsunterschiede gleicher Böden unter verschiedenen Klimabedingungen berichtete SCHLENKER 1963 (24). Beispiele dazu finden sich auch in AFZ 1965 Nr. 18 S. 274.

Auch auf einem Vergleich der Klimadaten allein können wir nach SCHLENKER kein System der Waldstandorte aufbauen (23). Begnügt man sich damit, den Bodentyp nur durch Klimaangaben näher zu charakterisieren, bedarf es umfangreicher Beschreibungen und Zahlenangaben. Zur Vereinfachung wurden zwar verschiedenartige Diagramme entworfen, die jedoch zu keinem befriedigenden Ergebnis führen: So steht z. B. bei Berücksichtigung von Jahresniederschlag und Vegetationstagen (= Tage mit über 10° C Mittel-

temperatur) München mit einem für die Fichte gut geeigneten Klima in der Nähe von Lohr/Main, in dessen nächster Nachbarschaft Furniereichenspitzenqualitäten wachsen. Bei Einschaltung der Waldgesellschaften sind solche Schwierigkeiten zu vermeiden. Ein überzeugendes Beispiel hierfür liefert neuerdings die 1968 erschienene „Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern 1 : 500 000" (27).

### *b) Bodenvegetation und Herbizideinsatz*

Nun hat sich durch die stürmische Entwicklung auf dem Gebiet der Herbizide und deren unterschiedliche Wirkung auf die verschiedenen Pflanzenarten ein ganz neues Bedürfnis der forstlichen Praxis nach vertieften Kenntnissen über die Unkrautbiologie (d. h. die Lebensweise und Vergesellschaftung der Wald-„Unkräuter") ergeben.

Sicher leuchtet es jedem Forstmann ein, daß er sich mit *den* Gewächsen besonders eingehend befassen muß, die unsere Waldbäume von Jugend an begleiten und sie zum Teil in ihren ersten Lebensjahren hart bedrängen. Und doch stellt HESMER 1940 (6) fest, die wichtigsten forstlichen Gräser seien nicht einmal dem Namen nach bekannt, und RÖHRIG schreibt noch 1967 (19): „Es ist eine merkwürdige Tatsache, daß man zwar in der forstlichen Entomologie und Mykologie meist zuerst die Schadenerreger in ihrem Lebensablauf und ihrer Schadenwirkung eingehend studiert, ehe man nach Methoden zu ihrer Bekämpfung sucht, während man die Schadenerreger unter den höheren Pflanzen ganz überwiegend unter dem Sammelbegriff „Unkraut" zusammenfaßt und sie in mehr oder weniger summarischer Weise zu bekämpfen sucht. Die Kenntnis von der Lebensweise der weitaus meisten unserer sogenannten Forstunkräuter ist auffällig gering."

OLBERG schreibt zum gleichen Thema: „In Zukunft muß die Entscheidung, ob eine chemische Unkrautbekämpfung stattfinden soll und gegebenenfalls mit welchem Präparat, stärker als bisher von der Zusammensetzung der Unkrautflora abhängig gemacht werden. ... Es sollte *das* Mittel gewählt werden, das möglichst alle Unkräuter erfaßt" (18). LANZ äußert sich in dem Bestreben „die Pflegeeingriffe gezielter und sicherer durchführen zu können" in ganz ähnlichem Sinn (15).

Es geht also nicht nur darum, die rationellste Bekämpfungs*technik* ausfindig zu machen; man muß sich noch einige andere Fragen vorlegen:

1. Welche Gräser und Kräuter kommen im Wuchsgebiet vor?
   — wie sind sie miteinander vergesellschaftet?
   — wie verhalten sie sich im Schatten des Altbestandes und mit welcher Entwicklung muß man voraussichtlich nach Räumung bei Freilage rechnen
     a) im Lauf der Jahreszeiten einer Vegetationsperiode (Höhenwuchs, flächenmäßige Ausbreitung)
     b) im Verlauf mehrerer Jahre nacheinander?
     c) welche Konkurrenzverhältnisse bestehen zwischen „Unkraut" und jungen Waldbäumen?
2. Welche waldbaulichen Maßnahmen sind geeignet, „das Wachstum der Waldvegetation mit möglichst geringem Aufwand so zu lenken, daß ein gesunder und ertragreicher Wald entsteht? (19).
3. Aufschlußreich ist auch noch eine Beantwortung folgender Fragen:
   — Welche Pflanzenarten kommen in allen und welche nur in einzelnen Wuchsbezirken vor?
   — Welchen Zeigerwert besitzen sie in den Wuchsbezirken und auf den einzelnen Standortseinheiten?
   — Welchen ökologischen Spielraum (Verbreitung über verschiedene Standortseinheiten) haben die Arten?

Selbstverständlich muß bei Einleitung einer Unkrautbekämpfungsmaßnahme besonders die Unkrautflora des *Einzelstandorts* berücksichtigt werden; ein regional vergleichender Überblick könnte jedoch dazu beitragen, die Kenntnisse über das jeweilige Wuchsgebiet zu erweitern und Erkenntnisse zu vermitteln, auf die man verzichten muß, wenn man jedes Gebiet nur isoliert für sich betrachtet. Der regionale Vergleich könnte auch für Versuchsanlagen der Forstverwaltung und Industrie und für den richtigen Mitteleinsatz in der Praxis von Nutzen sein.

*Übersicht 1*

| Abkürz. i. Text | Betriebsverband bzw. Forstamt | Wuchsbezirk Wuchsgebiet | Anzahl der Aufnahmen | Gesamte Artenzahl | Kartierte Fläche ha |
|---|---|---|---|---|---|
| Z | Zeil/Main | SÜ Haßberge | 37 | 143 | 1 307 |
| B | Bundorf | NW Haßberge | 55 | 167 | 2 261 |
| S | Sailershausen | Fränkische Platte Hesselbacher Waldland | 40 | 151 | 2 236 |
| F | Würzburg, Rimpar, Waldbrunn | Südliche Fränkische Platte | 79 | 219 | 6 622 |
| Sch | Schweinfurt (Stadtwald) | Mittlere Fränkische Platte | 18 | 118 | 1 350 |
| | Werneck | | — | — | 230 |
| Mo | Starnberg, Seeshaupt | Moräne des Isarvorlandgletschers | 71 | 255 | —*) |
| R | Brückenau | Vorderrhön Hohe Rhön | 53 | 211**) | 3 107 |
| MS | Mittelsinn | Nord- u. Vorspessart | 106 | 120 | 4 697 |
| — | Waldaschaff | Hochspessart | 32 | — | 800 |
| K | Kitzingen | Steigerwaldvorland | 6 | — | 601 |
| | | Summa: | 497 | — | 23 211 |

*) Flächen wurden nur für die Gebiete angegeben, in denen eine geschlossene Standortskartierung ausgeführt wurde.
**) Artenzahl in der Rhön auf Basalt.

## 2. Ordnung der Bodenvegetation nach ökologischen Artengruppen (Arbeitsweise, Untersuchungsgebiet)

Als Diskussionsgrundlage für die beiden genannten Anwendungsgebiete wurden rund 500 Vegetationsaufnahmen aus naturnahen Waldbautypen mit 250 Pflanzenarten aus 6 verschiedenen bayerischen Wuchsgebieten zusammenfassend ausgewertet.

Die Vegetationsaufnahmen stammen aus den Wuchsgebieten der Übersicht 1, in denen folgende Grundgesteinsarten vorherrschen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Haßberge: | Sandsteinkeuper | Rhön: | Basalt, mittlerer Hauptbuntsandstein |
| Fränkische Platte: | Lößlehm, Lettenkeuper, Oberer Muschelkalk | Nord- und Vorspessart: | Mittlerer Hauptbuntsandstein |
| Alpenvorland: | Grundmoräne Endmoräne | Steigerwaldvorland: | Dünensande |

Die Pflanzenlisten wurden in den Jahren 1949 - 1956 als Unterlage für Standortserkundung und -kartierung aufgenommen. Es hatte sich dabei von Anfang an bewährt, die Vegetation unabhängig von einem vorweg festgelegten pflanzensoziologischen System, aber stets in Verbindung mit dem jeweiligen Standort zu betrachten und sie in Vegetationstabellen zu Gruppen von einheitlichem ökologischem Zeigerwert zu ordnen, die im Anhalt an SCHLENKER (5) seit dem Jahr 1950 als „ökologische Artengruppen" bezeichnet wurden. Es ergaben sich zunächst von Wuchsbezirk zu Wuchsbezirk Gruppen von unterschiedlicher Artenzusammensetzung. Die Unterschiede waren jedoch zum Teil nur geringfügig, so daß sich nach Abschluß der Arbeiten die Frage nach einer Zusammenfassung stellte. Einheitliche, für verschiedene Wuchsgebiete gültige Gruppen würden die Übersichtlichkeit fördern, den praktischen Gebrauch erleichtern und einen regionalen Vergleich ermöglichen.

Eine einheitliche Artengruppierung, die für die praktische Standortskunde auswertbar bleiben soll, ist jedoch nur innerhalb bestimmter, gegeneinander abgegrenzter Bereiche möglich, weil sich der standörtliche Zeigerwert der Pflanzenarten je nach den Klima-

*Übersicht 2*

| Abkürzungen siehe Übersicht 1 | Z | B | S | Sch | F | Mo | Rh | MS | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stetigkeit % | | | | | | | | |
| *Asarum-europaeum-Gruppe* | | | | | | | | | |
| Asarum europaeum<br>Haselwurz | . | 13 | 5 | 17 | 32 | 32 | 6 | . | v |
| Brachypodium silvaticum<br>Waldzwenke | 13 | 27 | 20 | 22 | 40 | 53 | 6 | . | v |
| Daphne mezereum<br>Seidelbast | . | 5 | 13 | 28 | 20 | 34 | 22 | . | . |
| Paris quadrifolia<br>Einbeere | . | . | 3 | . | 10 | 32 | 11 | . | . |
| *Aposeris-foetida-Gruppe*<br>(b. SCHÖNHAR nicht enthalten) | | | | | | | | | |
| Aposeris foetida<br>Hainlattich | . | . | . | . | . | 35 | . | . | . |
| Symphytum tuberosum<br>Beinwell | . | . | . | . | . | 31 | . | . | . |
| Pulmonaria officinalis<br>Gebräuchliches Lungenkraut | . | . | . | . | . | 19 | . | . | . |
| *Milium-effusum-Gruppe* | | | | | | | | | |
| Milium effusum<br>Flatterhirse | 16 | 15 | 63 | 95 | 73 | 16 | 21 | . | . |
| Dactylis Aschersoniana<br>Knäuelgras | 18 | 33 | 53 | 72 | 61 | 7 | 17 | . | v |
| Carex umbrosa<br>Schatten-Segge | 5 | 9 | 38 | 11 | 58 | 1 | 8 | . | . |
| Stellaria holostea<br>Sternmiere | 13 | 45 | 53 | 78 | 27 | . | 11 | . | v |
| *Deschampsia-flexuosa-Gruppe* | | | | | | | | | |
| Deschampsia flexuosa<br>Drahtschmiele | 55 | 75 | 48 | 56 | 13 | 6 | 33 | 94 | v |
| Luzula luzuloides (= nemorosa)<br>Waldhainsimse | 76 | 58 | 75 | 72 | 67 | 26 | 54 | 74 | v |
| Polytrichum attenuatum<br>Schönes Haarmützenmoos | 66 | 36 | 63 | 33 | 46 | 19 | 22 | 88 | v |
| Calamagrostis arundinacea<br>Waldreitgras | 24 | 51 | 25 | 45 | 30 | . | . | 22 | . |
| Lathyrus montanus<br>Bergplatterbse | 32 | 38 | 28 | 78 | 8 | . | 11 | 5 | . |
| *Vaccinium myrtillus-Gruppe* | | | | | | | | | |
| Vaccinium myrtillus | 29 | 18 | 20 | 11 | . | 11 | 21 | 89 | . |

Anm.: Es sind nur einige der am häufigsten vorkommenden Arten in den Gruppen aufgeführt.

und Bodenverhältnissen ändern kann (26). So wird z. B. *Stachys silvatica* (Waldziest), der in Gebieten mit hohen Niederschlägen wie im oberbayerischen Moränengebiet oder auf Basalt in der hohen Rhön allgemein verbreitet ist, auf der Fränkischen Platte mit geringeren Niederschlägen zur Kennzeichnung frischer Standorte brauchbar.

Als Ergebnis der vorliegenden Arbeit zeigte sich, daß man für einen Bereich wie Nord- und Südbayern *noch* gemeinsame ökologische Gruppen aufstellen kann.

Eine wertvolle Hilfe für das Ordnen einheitlicher Artengruppen war die von SCHÖNHAR 1954 veröffentlichte Arbeit „Die Bodenvegetation als Standortweiser" (26). In dieser Arbeit hat SCHÖNHAR bescheiden vermerkt, die Zusammenstellung sei „nur als Anfang zu werten. Sie soll in erster Linie zu weiteren Untersuchungen anregen". Die Anregung auf diesem Gebiet wurde durch die Veröffentlichung zweifellos gegeben.

1963 hat auch ELLENBERG in seiner „Vegetation Mitteleuropas" (2) ökologische Artengruppen veröffentlicht, die mehr oder weniger von denen SCHÖNHARS abweichen. Während SCHÖNHAR Azidität und Wasserhaushalt in kombinierter Form herangezogen hat, verwendete ELLENBERG als primäre Gliederung den Wasserhaushalt allein. Es läßt sich wohl keiner der beiden Gruppierungen ein Vorrang vor der anderen einräumen. Man sieht aber daraus, daß sich ökologische Gruppen je nach dem bearbeiteten Gebiet, seiner Größe und dem mit der Aufstellung verbundenen Zweck voneinander unterscheiden können.

Die für die bayerischen Wuchsgebiete gebildeten Artengruppen konnten im Rahmen vorliegender Arbeit nicht vollständig veröffentlicht werden. Für interessierte Leser sind sie in Ablichtung den Sonderdrucken beigegeben. Die von SCHÖNHAR gebildeten Gruppen können für eine annähernde Orientierung herangezogen werden, wenn sie auf Grund örtlicher Besonderheiten auch nicht ganz übereinstimmen.

Für die Verbreitung einiger Arten in den untersuchten bayerischen Wuchsgebieten seien Beispiele der Übersicht 2 angeführt.

### 3. Auswertungsbeispiele für die ökologischen Artengruppen

#### *a) Für den Herbizideinsatz*

Nach OLBERG (18) spricht die Mehrzahl der Waldgräser gut bis ausreichend auf das Herbizid Prefix an; zu diesen gehört z. B. Luzula luzuloides (= nemorosa), die Waldhainsimse. Unbefriedigend war der Erfolg des Prefix-Einsatzes, wenn die Unkrautgesellschaft gegen Clorthiamid unempfindliche Pflanzen enthielt; zu diesen gehört Deschampsia flexuosa, die Drahtschmiele. Aus der vorstehenden Übersicht 2 ist nun zu entnehmen, daß Deschampsia flexuosa im Nordspessart (MS) in 94 % aller Vegetationsaufnahmen vorkam, während sie auf der Fränkischen Platte (F) nur noch mit 13 % vertreten ist. Wenn man berücksichtigt, daß im Nordspessart andere, mit Deschampsia flexuosa konkurrierende Krautarten fast fehlen, müßte man befürchten, das zwar Luzula luzuloides bei einem Prefix-Einsatz abstirbt, Deschampsia sich dafür aber umso mehr ausbreitet. Das Beispiel mag in diesem Zusammenhang genügen. Vgl. hierzu (12).

#### *b) Für die Standortskartierung*

Die Übersicht 2 zeigt, daß schon Arten, die üblicherweise in der gleichen Gruppe zusammengefaßt werden, in verschiedenen Wuchsgebieten ein recht unterschiedliches Gewicht haben können. In der nachfolgenden Übersicht 3 seien nun drei Arten aus verschiedenen Gruppen einander gegenübergestellt, die sich in ihren Standortsansprüchen noch deutlicher unterscheiden.

In Übersicht 3 wurde auch die gesamte Anzahl der notierten Arten (einschließlich Baumschicht) eingetragen, weil nach LAATSCH (14) die Artenzahl eine gute Auskunft über die Fruchtbarkeit eines Standorts gibt. Der Satz „je fruchtbarer ein Standort ist, um so artenreicher war seine natürliche Vegetation" hat sinngemäß

*Übersicht 3*

| Pflanzenart | Südliche Fränk. Platte | Mittelsinn | Moräne |
|---|---|---|---|
| | Stetigkeit % | | |
| Milium effusum | 73 | — | 16 |
| Vaccinium myrtillus | — | 89 | 11 |
| Aposeris foetida | — | — | 35 |
| Gesamte in den Aufnahmen notierte Artenzahl | 219 | 120 | 255 |
| Anzahl der Vegetationsaufnahmen | 79 | 106 | 71 |

auch für naturnahe Waldbautypen Geltung. Als Folge der Bodenfruchtbarkeit wachsen in den Waldgesellschaften der Fränkischen Platte und auf Moräne (auch auf Basalt der Hohen Rhön) etwa doppelt so viele Arten als auf dem nährstoff- und artenarmen Buntsandstein. Die forstliche Praxis hat daraus seit längerem ihre Folgerungen gezogen und Düngungsvorhaben auf den nährstoffarmen Buntsandstein konzentriert (3); beim Herbizideinsatz werden die schwierigeren Überlegungen — wegen der Gefahr der „Folgeverunkrautung" — auf den artenreichen Standorten anzustellen sein.

Weiter sehen wir aus der Übersicht 3 noch folgendes:

*Die Waldhirse (Millium effusum),*
die als eine Art der mesophilen Laubwälder gilt, kommt in der südlichen Fränkischen Platte in 73 % der Vegetationsaufnahmen vor, d. h. fast auf allen Standorten. Im Moränengebiet des Isarvorlandgletschers, das ebenso günstige Nährstoffverhältnisse, aber weit höhere Niederschläge und eine für die Vegetationsentwicklung günstigere jährliche Niederschlagsverteilung hat, nur mit 16 %, also mehr gelegentlich. Sie fehlt ganz im Buntsandsteingebiet des Forstamtes Mittelsinn mit hohen Niederschlägen aber sauren Böden.

*Die Heidelbeere (Vaccinium myrtillus)*
fehlt auf der südlichen Fränkischen Platte selbst auf dem relativ armen Werksandstein. Auf Buntsandstein ist sie in 89 % aller Aufnahmen vertreten, im Moränengebiet fanden sich nur wenige Standorte mit Heidelbeere, so daß ihr Anteil hier mit 11 % vermerkt ist.

*Der gelbe Hainlattich (Aposeris foetida)*
kommt nur im Bereich der Moräne vor und fehlt in den beiden anderen Wuchsgebieten. Nach OBERDORFER (17) ist die Verbreitung der Art ostalpin, nach VOLLMANN (28) mitteleuropäisch-montan und subalpin; nach Fundortsangaben bei VOLLMANN (28) hat sie die im nachstehenden Bild 1 eingezeichnete Nord- und Westgrenze und fehlt im Bodenseegebiet. HAUFF (4) nennt noch ein etwas weiter westlich gelegenes Einzelvorkommen in der Nähe von Biberach.

Während das Gedeihen von Millium effusum und Vaccinium myrtillus vorwiegend von den Bodeneigenschaften abhängig zu sein scheint, zeigt Aposeris foetida offenbar eine *klimatisch* bedingte und erst in zweiter Linie eine bodenbedingte Grenze an. Ganz ähnlich verhalten sich zwei andere, der gleichen Gruppe zugehörige Arten: Symphytum tuberosun und Pulmonaria officinalis. Auch diese beiden Arten haben nach VOLLMANN (28) ihren Verbreitungsschwerpunkt im südlichen Bayern; OBERDORFER (17) vermerkt bei Symphytum tuberosum als Verbreitungsschwerpunkt „Oberbayern". Die Arten sind also regional zur Abgrenzung von Wuchsgebieten geeignet; auch zwei klimatisch so verschiedene Waldgesellschaften wie der Labkraut-Eichen-Hainbuchenwald der Münchener Schotterebene und der Fränkischen Platte (beide nach

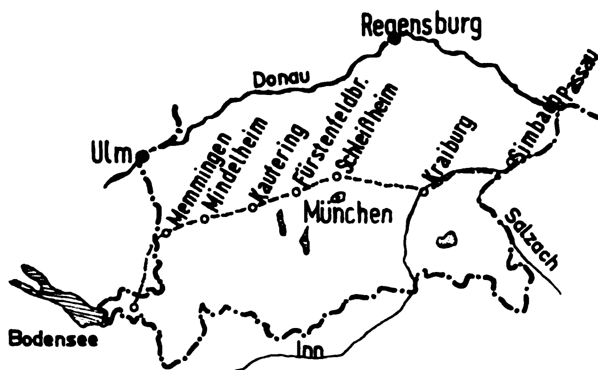



Bild 1
––––– nördliche Verbreitungsgrenze von *Aposeris foetida* im bayer. Alpenvorland.
Gezeichnet nach Fundortangaben von Vollmann (28).

Seibert (27) im Vegetationsgebiet 22 zusammengefaßt) lassen sich durch diese Arten vegetationskundlich gut voneinander trennen. Bemerkenswert, aber in diesem Zusammenhang unerheblich ist, daß rein örtlich betrachtet H. Mayer im Bereich der Berchtesgadener Kalkalpen Symphytum tuberosum als „indifferent" bezeichnet (16).

Es wäre lohnend nachzuprüfen, ob durch Arten mit einer so scharfen Verbreitungsgrenze nicht ein Klima-Schwellenwert angezeigt wird, von dem Schlenker (23) schreibt: „Für das Waldwachstum können unter bestimmten Umständen zahlenmäßig geringfügige Unterschiede der Niederschlags- und Temperaturmittelwerte von größter Bedeutung sein (z. B. der Unteschied zwischen 650 und 850 mm Jahresniederschlag). In anderen Fällen können der Zahl nach verhältnismäßig große Unterschiede der Klima-Mittelwerte ohne deutlich erkennbaren Einfluß auf das Waldwachstum bleiben (z. B. der Unterschied zwischen 1400 und 1700 mm Jahresniederschlag). Auf einem Vergleich der Klimadaten allein können wir daher kein System der Waldstandorte aufbauen; wir müssen vielmehr versuchen, die sich tatsächlich auswirkenden Klima-Schwellenwerte zunächst vorwiegend auf vegetationskundlichem Wege, mit Hilfe der Regionalgesellschaften zu erfassen."

An der nördlichen Verbreitungsgrenze von Aposeris foetida fällt noch auf, daß sie etwa der Grenze von 900 mm Jahresniederschlag folgt. Bodennutzungskarten verzeichnen nördlich dieser Linie ein Überwiegen des Ackerlandes gegenüber Wald und Grasland. In Schwaben und im westlichen Oberbayern deckt sich die Grenze mit dem Übergang der Buchen-Tannenwälder zu den Buchen-Tannen-Eichenwäldern nach Rubner (22), im Jungmoränengebiet des Salzachgletschers gehen nach H. Mayer (16) ebenfalls die Buchen-Tannenwälder in submontane Buchen-Tannen-Eichenwälder und kolline Eichen-Buchenwälder über.

### *c) Für die Charakterisierung von Waldgesellschaften*

Am Beispiel von sieben typischen, nach Nährstoffgehalt und Wasserhaushalt deutlich abgestuften Waldgesellschaften soll nun noch die wechselseitige Beziehung zwischen ökologischen Artengruppen und Waldgesellschaften erläutert werden, da es naheliegend ist, bei der Bedeutung, welche die Vegetation für die praktische Forstwirtschaft hat, die Waldgesellschaften auch zur Kennzeichnung des Standorts mit heranzuziehen.

Die Namen der Waldgesellschaften wurden unabhängig von einer bestimmten Systematik so gewählt, daß sie möglichst kurz und unverwechselbar das Wesentliche enthalten, d. h. neben den bestandsbildenden Hauptbaumarten eine kennzeichnende Waldbodenpflanze, die mit hoher Stetigkeit auftritt. Jede Gesellschaft ist durch das Vorkommen, aber ebenso durch das Fehlen einzelner Artengruppen gekennzeichnet. Es werden daher jeweils bei der Gesellschaft angegeben:

a) Die *kennzeichnenden* Artengruppen (mit Ansprache des Wasserhaushalts und der Bodenreaktion nach Schönhar (26), bei der Aposeris-foetida-Gruppe nach Mayer (16)).
b) Sonstige, häufig vorkommende Artengruppen.
c) Artengruppen, die in der Gesellschaft fehlen.
d) Nummer des Vegetationsgebiets nach Seibert, „Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern 1 : 500 000" (27). Die Namen der Waldgesellschaften stimmen jedoch nicht überein, da man, wie bereits früher begründet (10) z. B. den Spessart nicht zu den „Buchenwaldgebieten", sondern zu den submontanen Buchen-Eichenwaldgebieten rechnen sollte.

1. *Chaerophyllum-Schwarzerlen-Fichtenwald auf Gley der oberbayerischen Grundmoräne*

a) Kennzeichnende Artengruppen:

| lfd. Nr. | Artengruppe | Wasserhaushalt | Bodenreaktion |
|---|---|---|---|
| 8 | Filipendula-ulmaria-Gruppe | zumindest zeitweise hochanstehendes Grundwasser | neutral bis schwach sauer |
| 9 | Impatiens-Noli-tangere-Gruppe | bewegte Feuchtigkeit, bes. an quelligen Stellen | alkalisch bis schwach sauer |
| 7 a | Stachys-silvatica-Gruppe | grundfrisch bis grundfeucht | neutral bis schwach sauer |

b) Häufig kommen vor:
Ajuga-reptans-Gruppe, Athyrium-Filix-femina-Gruppe„ Mercurialis-perennis-Gruppe, Asarum-europaeum-Gruppe, Viola-silvatica-Gruppe.
c) Es fehlen:
Die Gruppen mit lfd. Nr. 1 b, 2 b - 3 a, 3 c, 4, 5, 10 - 18.
d) Vegetationsgebiet 38.
Literatur: Klöck 1950 (8), Rubner 1954 (21).

2. *Aposeris-Buchen-Tannenwald im Moränengebiet des Isarvorlandgletschers*
Bodentyp: Eutrophe Braunerde

a) Kennzeichnende Artengruppe:

| lfd. Nr. | Artengruppe | Wasserhaushalt | Bodenreaktion |
|---|---|---|---|
| 2 d | Aposeris-foetida-Gruppe | frisch bis mäßig frisch | neutral bis schwach sauer |

b) Häufig kommen vor:
Mercurialis-perennis-Gruppe, Asarum-europaeum-Gruppe, Campanula-trachelium-Gruppe, Sanicula-europaea-Gruppe, Viola-silvatica-Gruppe, Ajuga-reptans-Gruppe, Stachys-silvatica-Gruppe, Prenanthes-purpurea-Gruppe.
c) Es fehlen:
die Gruppen mit lfd. Nr. 1 b, 4, 5, 7 b - 9, 14, 15, 17, 18.
d) Vegetationsgebiet 30 a.
Literatur: Mayer 1959 (16), Rubner 1949 (20).

3. *Asarum-Laubmischwald auf Kalkverwitterungslehm der Fränkischen Platte*
Bodentyp: Flachgründiger Braunlehm

a) Kennzeichnende Artengruppen:

| lfd. Nr. | Artengruppe | Wasserhaushalt | Bodenreaktion |
|---|---|---|---|
| 2 a | Asarum-europaeum-Gruppe | feucht bis mäßig trocken | alkalisch bis schwach sauer |
| 2 b | Campanula-trachelium-Gruppe | frisch bis mäßig trocken | alkalisch bis schwach sauer |
| 1 b | Lathyrus-vernus-Gruppe | frisch bis mäßig trocken | alkalisch bis schwach sauer |

*Übersicht 4*

| Vorkommen: # = sehr häufig, + = häufig, (+) = gelegentlich, . = fehlt<br>Artengruppe: | Chaerophyllum-Schwarzerlen-Fichtenwald 1 | Aposeris-Buchen-Tannenwald 2 | Asarum-Laub-Mischwald 3 | Chrysanthemum-Trockenlaubwälder 4 | Milium-Buchen-Eichenwald 5 | Farn-Traubeneichen-Buchenwald 6 | Luzula-Traubeneichen-Buchenwald 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1a. Mercurialis-perennis-Gr. | # | # | + | (+) | . | . | . |
| 1b. Lathyrus-vernus-Gr. | . | . | # | # | . | . | . |
| 2a. Asarum-europaeum-Gr. | # | # | # | + | . | . | . |
| 2b. Campanula-trachelium-Gr. | . | # | # | # | . | . | . |
| 2c. Sanicula-europaea-Gr. | . | # | (+) | (+) | . | . | . |
| 2d. Aposeris-foetida-Gr. | . | # | . | . | . | . | . |
| 3a. Milium-effusum-Gr. | . | (+) | + | + | # | . | . |
| 3b. Viola-silvatica-Gr. | + | # | # | + | # | + | . |
| 3c. Prenanthes-purpurea-Gr. | . | # | (+) | (+) | . | . | . |
| 4. Chrysanthemum-corymbosum-Gr. | . | . | . | # | . | . | . |
| 5. Silene-nutans-Gr. | . | . | . | # | . | . | . |
| 6. Ajuga-reptans-Gr. | # | # | (+) | . | + | + | . |
| 7a. Stachys-silvatica-Gr. | # | + | (+) | . | . | . | . |
| 7b. Athyrium-Filix-femina-Gr. | # | . | . | . | + | + | . |
| 8. Filipendula-ulmaria-Gr. | # | . | . | . | . | . | . |
| 9. Impatiens-Noli-tangere-Gr. | # | . | . | . | . | . | . |
| 10. Aruncus-silvester-Gr. | . | (+) | . | . | . | . | . |
| 11. ./. | | | | | | | |
| 12. Corydalis-cava-Gr. | . | (+) | . | . | . | . | . |
| 13. Carex-flacca-Gr. | . | (+) | + | . | . | . | . |
| 14. Molinia-coerulea-Gr. | . | . | . | . | . | . | . |
| 15. Carex-brizoides-Gr. | . | . | . | . | (+) | . | . |
| 16. Deschampsia-flexuosa-Gr. | . | (+) | (+) | (+) | + | + | # |
| 17. Pteridium-aquilinum-Gr. | . | . | . | . | . | . | + |
| 18. Vaccinium-myrtillus-Gr. | . | . | . | . | . | + | # |

b) **Häufig kommen vor:**
Mercurialis-perennis-Gruppe, Milium-effusum-Gruppe, Viola-silvatica-Gruppe, Carex-flacca-Gruppe.

c) **Es fehlen:**
die Gruppen mit lfd. Nr. 2 d, 4, 5, 7 b - 12, 14, 15, 17, 18.

d) Vegetationsgebiet 27.
Literatur: Hofmann 1964 (7), Klöck 1957 und 1958 (9, 11).

4. ***Chrysanthemum-Trockenlaubwälder auf flachgründiger Muschelkalkverwitterung der Fränkischen Platte***

Bodentyp: Flachgründiger Braunlehm

a) Kennzeichnende Artengruppen:

| lfd. Nr. | Artengruppe | Wasserhaushalt | Bodenreaktion |
|---|---|---|---|
| 4 | Chrysanthemum-corymbosum-Gruppe | mäßig trocken bis trocken | alkalisch bis neutral |
| 5 | Silene-nutans-Gruppe | mäßig trocken bis trocken | neutral bis mäßig sauer |

b) **Häufig kommen vor:**
Lathyrus-vernus-Gruppe, Asarum-eropaeum-Gruppe, Campanula-trachelium-Gruppe, Milium-effusum-Gruppe, Viola-silvatica-Gruppe.

c) **Es fehlen:**
die Gruppen mit lfd. Nr. 2 d, 6 - 15, 17, 18.

d) Vegetationsgebiet 18.
Literatur: Hofmann 1964 (7), Rubner 1949 und 1955 (20, 22).

5. ***Milium-Buchen-Eichenwald auf Parabraunerde (Lößlehm) der Fränkischen Platte***

Bodentyp: Parabraunerde

a) Kennzeichnende Artengruppen:

| lfd. Nr. | Artengruppe | Wasserhaushalt | Bodenreaktion |
|---|---|---|---|
| 3 a | Milium-effusum-Gruppe | frisch bis mäßig trocken | weiter ökologischer Spielraum im Hinblick auf die Bodenazidität saure Böden jedoch meidend |
| 3 b | Viola-silvatica-Gruppe | frisch bis mäßig trocken | erträgt mehr Säure als 3 a |

b) **Häufig kommen vor:**
Ajuga-reptans-Gruppe, Athyrium-Filix-femina-Gruppe, Deschampsia-flexuosa-Gruppe.

c) Es fehlen:
die Gruppen mit lfd. Nr. 1 a - 2 d, 3 c - 5, 8 - 14, 17, 18.

d) Vegetationsgebiet 28 f.
Literatur: HOFMANN 1964 (7), KLÖCK 1957 u. 1958 (9, 10, 11).

6. *Farn-Traubeneichen-Buchenwald auf mittlerem Hauptbuntsandstein des Nordspessarts*
Bodentyp: Braunerde geringer Basensättigung

a) Kennzeichnende Artengruppen:

| lfd. Nr. | Artengruppe | Wasserhaushalt | Bodenreaktion |
|---|---|---|---|
| 3 b | Viola-Silvatica-Gruppe | frisch bis mäßig trocken | weiter ökologischer Spielraum im Hinblick auf die Bodenazidität |
| 6 | Ajuga-reptans-Gruppe | frisch bis feucht | schwach sauer bis neutral |
| 7 b | Athyrium-Filix-femina-Gruppe | frisch bis feucht | schwach sauer bis neutral |

b) Häufig kommen vor:
Deschampsia-flexuosa-Gruppe, Vaccinium-myrtillus-Gruppe.

c) Es fehlen:
die Gruppen mit lfd. Nr. 1 a - 3 a, 3 c - 5, 7 a, 8 - 15, 17.

d) Vegetationsgebiet 24 f.
Literatur: EHRHARDT und KLÖCK 1951 (1).

7. *Luzula-Traubeneichen-Buchenwald auf mittlerem Hauptbuntsandstein des Nordspessarts*
Bodentyp: Podsolige Braunerde

a) Kennzeichnende Artengruppen:

| lfd. Nr. | Artengruppe | Wasserhaushalt | Bodenreaktion |
|---|---|---|---|
| 16 | Deschampsia-flexosa-Gruppe | frisch bis mäßig trocken | mäßig sauer bis sauer |
| 18 | Vaccinium-myrtillus-Gruppe | frisch bis mäßig trocken | sauer bis stark sauer |

b) Häufig kommen vor:
Pteridium-aquilinum-Gruppe.

c) Es fehlen:
die Gruppen mit lfd. Nr. 1 a - 15.

d) Vegetationsgebiet 24 f.
Literatur: EHRHARDT und KLÖCK 1951 (1).

### 4. Verbreitung der ökologischen Artengruppen in den beschriebenen Waldgesellschaften

Die Übersicht 4 gibt einen zusammenfassenden Überblick über das Vorkommen bzw. Fehlen der Artengruppen in den einzelnen Waldgesellschaften.

### 5. Verbreitung der ökologischen Artengruppen in verschiedenen Wuchsgebieten

Die Waldgesellschaften sind durch die Angabe der vorhandenen bzw. fehlenden Artengruppen gut charakterisiert. Das Vorkommen in einem ganzen Wuchsgebiet kann demgegenüber nur einen orientierenden Überblick vermitteln, da innerhalb eines Wuchsgebietes verschiedene Waldgesellschaften vertreten sind. Trotzdem soll die Übersicht noch angefügt werden. Einen genaueren Einblick gibt eine nach Einzelarten zusammengestellte Tabelle, die in diesem Rahmen nicht mit abgedruckt werden konnte.

*Übersicht 5*

| Erläuterungen der Orts- und Wuchsgebietsnamen s. Übersicht 1<br>Vorkommen (+) s. Übersicht 4<br>Artengruppe | Zeil | Bundorf | Sailershausen | Schweinfurt | Fränk. Platte | Moräne (Obb.) | Rhön (Basalt) | Mittelsinn | Kitzingen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1a. Mercurialis-perennis-Gr. | (+) | + | + | + | + | # | # | . | (+) |
| 1b. Lathyrus-vernus-Gr. | . | + | (+) | + | # | . | + | . | . |
| 2a. Asarum-europaeum-Gr. | + | # | # | # | # | # | # | . | (+) |
| 2b. Campanula-trachelium-Gr. | (+) | (+) | + | + | # | # | # | . | (+) |
| 2c. Sanicula-europaea-Gr. | (+) | (+) | (+) | + | + | # | # | . | . |
| 2d. Aposeris-foetida-Gr. | . | . | . | . | . | # | . | . | . |
| 3a. Milium-effusum-Gr. | + | + | # | # | # | + | + | . | + |
| 3b. Viola-silvatica-Gr. | # | # | # | # | # | # | # | + | + |
| 3c. Prenanthes-purpurea-Gr. | . | . | . | . | . | + | (+) | . | . |
| 4. Chrysanthemum-corymbosum-Gr. | . | + | (+) | (+) | + | (+) | (+) | . | . |
| 5. Silene-nutans-Gr. | (+) | + | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) | (+) |
| 6. Ajuga-reptans-Gr. | + | + | + | (+) | + | # | # | + | + |
| 7a. Stachys-silvatica-Gr. | (+) | (+) | + | (+) | (+) | # | # | . | + |
| 7b. Athyrium-Filix-femina-Gr. | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 8. Filipendula-ulmaria-Gr. | . | (+) | (+) | . | . | + | (+) | . | + |
| 9. Impatiens-Noli-tangere-Gr. | . | . | (+) | . | (+) | + | + | . | . |
| 10. Aruncus-silvester-Gr. | . | (+) | (+) | . | . | (+) | + | (+) | . |
| 11. ./. | | | | | | | | | |
| 12. Corydalis-cava-Gr. | . | . | . | . | . | (+) | (+) | . | . |
| 13. Carex-flacca-Gr. | + | (+) | (+) | . | + | + | . | . | . |
| 14. Molinia-coerulea-Gr. | (+) | + | + | . | (+) | (+) | (+) | + | . |
| 15. Carex-brizoides-Gr. | (+) | . | . | . | (+) | (+) | . | (+) | . |
| 16. Deschampsia-flexuosa-Gr. | # | # | # | # | + | (+) | + | # | + |
| 17. Pteridium-aquilinum-Gr. | . | (+) | . | . | . | . | (+) | # | . |
| 18. Vaccinium-myrtillus-Gr. | + | + | + | (+) | . | (+) | + | # | . |
| 19. Leucobryum glaucum | + | + | . | . | . | . | (+) | + | + |

### Zusammenfassung

1. Angaben über den *Bodentyp* reichen zur Kennzeichnung des Standorts nicht aus, weil der gleiche Bodentyp in verschiedenen Klimabereichen (z. B. Fränkische Platte, oberbayerische Moräne) sehr unterschiedliche Wuchsleistungen hervorbringen kann.

2. Auch auf einem Vergleich der *Klimadaten* allein können wir ein System der Waldstandorte nicht aufbauen (23).

3. Als günstigste Möglichkeit der Standortskennzeichnung bietet sich die von G. A. KRAUSS und G. SCHLENKER 1953 (13) vorgeschlagene *kombinierte* Anwendung bodenkundlicher und vegetationskundlicher Begriffe an.

4. Um den *Herbizideinsatz* wirksam steuern und jeweils das am besten geeignete Mittel einsetzen zu können, wird immer mehr eine genauere Kenntnis der Unkrautbiologie gefordert. Auch hier können vegetationskundliche Beobachtungen und die Einführung der Waldgesellschaften in die angewandte Standortskunde wertvolle Hinweise geben.

5. Für einige bayerische Wuchsgebiete wurden in Anlehnung an SCHÖNHAR (26) *ökologische Artengruppen* gebildet, die vorwiegend für den beabsichtigten regionalen Vergleich gedacht sind. Für örtliche Beschreibungen kann es zweckmäßiger sein, die Gruppierungen in anderer, den jeweiligen Verhältnissen besser angepaßter Form, zu bilden.

6. Als Beispiele wurden sieben nach Nährstoffgehalt und Wasserhaushalt deutlich abgestufte *Waldgesellschaften* mit Hilfe der ökologischen Artengruppen näher umschrieben. Die Kennzeichnung der Waldstandorte mit Boden *und* Waldgesellschaft könnte dazu beitragen, die Standorte genau und zugleich auf einfache Weise eindeutig zu definieren.


### Summary

Title of the paper: *Ground Vegetation Community Types, a Guide in Weed Control and Site Classification.*

A certain soil type is correlated with different growth potentials under different local climatic conditions. Climatic data alone do not indicate site conditions. A combination of soil and vegetation factors seems to be the best approach.

Efficient weed control requires detailed knowledge of the weed biology. Vegetatiology and synecology applied to site surveying can be useful guides in this respect. Ecological species groups are established, chiefly for regional comparisons. Local surveying may require modifications to suit specific conditions.

As an example, seven forest associations with distinctly different nutrient and water regimes were defined by ecological species groups. The definition of a forest by soil and forest association is simple, clear and precise. E. F. B.



### Résumé

Titre de l'article: *Une méthode auxiliaire pour la lutte contre les mauvaises herbes et le classement des stations forestières.*

1. Les données sur les types de sol sont insuffisantes pour caractériser les stations, car le même type de sol dans des zones climatiques variées (plateau franconien — moraines de Haute Bavière) peut conduire à des productions très différentes.

2. De même nous ne pouvons bâtir une classification des stations forestières en nous basant uniquement sur la comparaison des données climatiques.

3. La meilleure possibilité pour la connaissance des stations est offerte par l'emploi combiné des concepts pédologiques et phytosociologiques, ainsi que G. A. KRAUSS et G. SCHLENKER le proposèrent en 1953.

4. Pour définir les herbicides actifs et déterminer dans chaque cas les produits les plus efficaces à mettre en oeuvre, une connaissance exacte de la biologie des mauvaises herbes est toujours nécessaire. Dans ce cas également, les observations phytosociologiques et l'introduction de la notion d'associations forestières dans l'étude des stations donnent des indications pleines de valeur.

5. Pour quelques zones de production de la Bavière, en liaison avec SCHONHAR, on a formé des *groupements écologiques d'espèces* conçus principalement en vue des comparaisons régionales projetées. Pour des descriptions localisées, il peut être plus intéressant de réaliser les groupements sous une autre forme mieux adaptée à chaque cas.

6. A titre d'exemple, ont été décrites sept *associations forestières* selon leurs réserves en éléments nutritifs et en eau, en se basant sur les groupements écologiques d'espèces exactement précisés. La connaissance des stations forestières, avec leur sol et leur association végétale permet d'apporter une contribution à une définition précise du concept même de station, d'une manière à la fois rigoureuse et simple. J. M.


### Literaturverzeichnis


1. EHRHARDT, F., und KLÖCK, W.: Die waldbauliche Auswertung pflanzensoziologischer und bodenkundlicher Untersuchungen auf Buntsandstein (Forstamt Mittelsinn, Nordspessart). Forstwiss. Centralblatt 5. 1951. — 2. ELLENBERG, H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht. Stuttgart 1963. — 3. GÖPPERT, F.: Bodenbearbeitung und Düngung zur Förderung des Verjüngungsfortschrittes im Bayerischen Spessart, ein notwendiges Wagnis. Der Forst- und Holzwirt 16. 1958. — 4. HAUFF, R.: Kurzer Überblick über die Vegetation Oberschwabens. In: Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben. Stuttgart 1964. — 5. HAUFF, R., SCHLENKER, G., und KRAUSS, G. A.: Zur Standortsgliederung im nördlichen Oberschwaben. Allg. Forst- und Jagdzeitung 122. 1950. — 6. HESMER, H.: Waldgräser. Hannover 1959. — 7. HOFMANN, W.: Laubwaldgesellschaften der Fränkischen Platte. Diss. Würzburg 1964. — 8. KLÖCK, W.: Wertholznachzucht bei Schwarzerle. AFZ 15. 1950. — 9. Ders.: Die Waldstandorte der südlichen Fränkischen Platte. Ergebnisse der Standortserkundung vom Sommer 1956 in den Forstämtern Würzburg, Rimpar und Waldbrunn. Würzburg 1957. (Manuskript). — 10. Ders.: Regional- und Standortsgesellschaften der Fränkischen Platte. Ein Vorschlag zur Bezeichnung der Waldgesellschaften in forstlichen Standortseinheiten der Fränkischen Platte. AFZ 28. 1958. — 11. Ders.: Die forstwirtschaftlich genutzten Böden. In: BRUNNACKER, K.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern. München 1958. — 12. Ders.: Herbizidanwendung und waldbauliche Vorbeugemaßnahmen bei der Unkrautbekämpfung. AFZ 32. 1969. — 13. KRAUSS, G. A., und SCHLENKER, G.: Leitsätze für die forstliche Standortsgliederung und Standortskartierung in Württemberg. Bad.-Württ. Forstverein. Ber. üb. d. 4. Hauptversamml. 1953 in Ravensburg. — 14. LAATSCH, W.: Bodenfruchtbarkeit und Nadelholzanbau. München 1963. — 15. LANZ, W.: Erfahrungen bei der chemischen Kulturpflege 1968. AFZ 10. 1969. — 16. MAYER, H.: Waldgesellschaften der Berchtesgadener Kalkalpen. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns. München 1959. — 17. OBERDORFER, E.: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Südwestdeutschland und die angrenzenden Gebiete. Stuttgart 1949. — 18. OLBERG, RENATE: Zur Bekämpfung gemischter Unkrautvegetation in Kulturen. AFZ 11. 1969. — 19. RÖHRIG, E.: Pflege der Verjüngungen mit chemischen Mitteln. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen 1967. — 20. RUBNER, K.: Die Waldgesellschaften in Bayern. München 1949. — 21. Ders.: Die Roterlengesellschaft der oberbayerischen Grundmoräne. Forstarchiv 6. 1954. — 22. Ders.: Versuch einer waldgeographischen Gliederung Bayerns. AFZ 18. 1955. — 23. SCHLENKER, G.: Die Waldstandorte Baden-Württembergs. Jahresber. Deutscher Forstverein 1960. — 24. Ders.: Die natürliche Bewaldung Südwestdeutschlands als Grundlage der Wuchsbezirksgliederung. Stuttgart 1963. (Vortrags-Manuskript). — 25. Ders.: Entwicklung des in Südwestdeutschland angewandten Verfahrens der Forstlichen Standortskunde. In: Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben. Stuttgart 1964. — 26. SCHÖNHAR, S.: Die Bodenvegetation als Standortsweiser. Allgemeine Forst- u. Jagdzeitung 125. 1954. — 27. SEIBERT, P.: Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern 1 : 500 000 mit Erläuterungen. Bad Godesberg 1968. — 28. VOLLMANN, F.: Flora von Bayern. Stuttgart 1914.

# Buchbesprechungen

**Bodenkunde.** Lehrbuch für Ingenieurschulen. Von W. Baden, H. Kuntze, J. Niemann, G. Schwertfeger und F.-J. Vollmer. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1969. 430 S., 78 Tab., 144 Abb., 10 farbige Bodenprofile, Lit.-Ang. S. 413 - 421, DM 38,—.

Zur Vielzahl der bestehenden Lehrbücher für Bodenkunde gesellt sich noch in weiteres, das aber nicht als Hochschullehrbuch gedacht ist, sondern es wendet sich in erster Linie an die Studierenden an den Ingenieurschulen für Landbau, Gartenbau, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft und hat somit seine Berechtigung. Dem angesprochenen Benutzerkreis entsprechend, wird bei den Grundlagen etwas weiter ausgeholt als sonst bei den bodenkundlichen Lehrbüchern üblich. So sind der Entstehung der Erde, der Geologie sowie der Mineral- und Gesteinskunde die ersten 50 Seiten des ersten Teiles gewidmet. Danach folgt ein knappes Kapitel über die Verwitterung und Mineralbodenbildung, in dem nur die Abtragung und Umlagerung der Verwitterungsprodukte durch Schwerkraft, Wasser, Eis und Wind etwas ausführlicher dargestellt sind. Die S. 86 - 106 sind der Entstehung von Torf, Moor und Anmoor sowie ihrer Verbreitung und Untersuchung gewidmet.

Im 2., umfangreichsten Teil des Buches wird der Boden als ein belebtes physikalisch-chemisches System und Pflanzenstandort behandelt. Hier werden die Korngrößenverteilung, die organische Substanz, das Bodengefüge, der Boden als Träger und Vermittler von Nährstoffen, ferner Lebewesen und Biologie sowie die Ertragsfähigkeit und Fruchtbarkeit des Bodens dargestellt. Ungewöhnlich ist die Einbeziehung des Kationen- und Anionenaustausches sowie des Wasser-, Luft- und Wärmehaushaltes in das Kapitel „Bodengefüge". Bei einzelnen Bodeneigenschaften sind auch die Methoden für ihre Bestimmung kurz dargestellt. Versorgungsstufen mit den Hauptnährstoffen auf Grund der Bodenanalyse werden nur für landwirtschaftliche Kulturen angegeben, gerechterweise muß man aber zugeben, daß bei den Waldböden die Beurteilung der Nährstoffversorgung aus verschiedenen Gründen auch schwieriger ist, als bei den landwirtschaftlichen Kulturen.

Der dritte Teil des Buches behandelt die Faktoren der Bodenbildung, Ansprache der Bodenhorizonte, Prinzipien der Bodensystematik, die wichtigsten einheimischen Bodentypen (acht davon mit farbigen Bodenprofilen nach E. Mückenhausen) sowie Böden der Tropen und Subtropen.

Der 4. Teil des Buches beinhaltet eine kurze Darstellung der Bodengeographie, vornehmlich in Anlehnung an Ganssen und Hädrich.

Im 5. Teil werden die Anwendungen der Bodenkunde, und zwar besonders die Bodenkarten, die Bodenschätzung des Ackerlandes und des Grünlandes sowie die Moor- und Anmoorkultur besprochen.

In Berücksichtigung der neuesten Tendenzen und Erkenntnisse auf dem Gebiet der Bodennutzung werden im 6. Teil des Buches, wenn auch knapp, die Bodenerhaltung und der Bodenaufbau in der Landschaftspflege behandelt.

Ein ausführliches Literaturverzeichnis, in welchem auch die einschlägigen DIN-Normen aufgeführt sind, verweist den interessierten Leser auf weiterführendes Schrifttum. Ein Sachregister erleichtert die Benutzung des Buches. Hervorzuheben ist auch die große Anzahl anschaulicher und technisch einwandfreier Bilder, die zum leichteren Verständnis des Textes wesentlich beitragen.

Die landwirtschaftlich und kulturtechnisch ausgerichteten Ingenieurschulen haben mit diesem Buch ein ausgezeichnetes, modernes Lehrbuch für die Bodenkunde erhalten, wie es bis jetzt für die landwirtschaftlichen Lehrstätten außerhalb der Universität nicht vorhanden war. Sollte das Buch jedoch auch in den (meist erst geplanten) Ingenieurschulen für Forstwirtschaft als Lehrbuch benutzt werden, so wäre in einer neuen Auflage eine stärkere Berücksichtigung der forstlichen Bodenkunde wünschenswert. Aber auch in der jetzigen Form bietet das Buch dem forstlichen Praktiker und Landschaftsplaner einen Einblick in den neuesten Stand der Bodenkunde und viele Anregungen, so daß man ihm eine weite Verbreitung auch über den Kreis der Studierenden an den Ingenieurschulen wünschen muß.

Z. Gračanin

**Forestry and Economic Development** (Forstwirtschaft und wirtschaftliche Entwicklung). Von P. Sartorius und H. Henle. Frederick A. Praeger, Publishers, New York, Washington, London, 1968. 340 S., 51 Tabellen, Lit.-Verzeichnis. Preis $ 17,50.

Das Buch behandelt die Rolle der Forstwirtschaft innerhalb der Agrarwirtschaft und ihre Einwirkung auf die weltweiten Bemühungen um die wirtschaftliche Entwicklung. Die Verfasser empfinden aus der Erfahrung ihrer langjährigen Tätigkeit bei der FAO eine Lücke zwischen den von der FAO für die Forstwirtschaft erarbeiteten statistischen Studien und Leitlinien einerseits und der allgemeinen gesellschaftlichen Planung für weite Gebiete und deren Bevölkerung andererseits. Sie stellen sich die Aufgabe diese Lücke zu überbrücken und es ist ihnen gelungen in eindrucksvoller Weise zu zeigen, welche Konsequenzen sich aus einer modernen nachhaltig betriebenen Forstwirtschaft für die Gestaltung der sozialen Umweltverhältnisse ergeben können. Dementsprechend wird nicht nur die Bedeutung der Rohstoffunktion im Zusammenhang mit der Entwicklung von Angebot und Nachfrage behandelt, sondern in besonders eindringlicher Weise auf die Sozialfunktionen der Forstwirtschaft im umfassendsten Sinne eingegangen. Besondere Probleme sowohl der Entwicklungsländer als auch der Industrienationen erfahren dabei eine differenzierte Berücksichtigung. In zahlreichen Tabellen werden zahlenmäßige Informationen über die behandelten Fragen vermittelt, die aus einem umfangreichen Quellenmaterial, das großenteils einschlägige FAO-Studien umfaßt, gewonnen sind. In diesem Material liegen manche Unzulänglichkeiten und man muß den Verfassern zugute halten, daß sie sich dadurch nicht von ihrer verdienstvollen Arbeit abhalten ließen. Dem Forstmann vermittelt das Buch einen wertvollen Blick in die Zukunft und es regt ihn an, die Probleme der Forstwirtschaft in einem größeren Zusammenhang übernationaler gesellschaftlicher Entwicklungen und Beziehungen zu sehen.

H. D. Brabänder

**Jagd- und Fischereirecht in Bayern.** C. H. Beck, Verlag, München. 2. Aufl. Kart. DM 14,80.

Im Verlag C. H. Beck ist in einer 2. völlig neu bearbeiteten Ausgabe das Jagd- und Fischereirecht in Bayern erschienen. Das Bändchen enthält neben dem Bundesjagdgesetz das Bayerische Jagdgesetz und die dazu erlassenen Landesverordnungen, sowie einschlägige Auszüge aus dem Naturschutzgesetz und dem Strafgesetzbuch.

Außerdem sind das Fischereigesetz für Bayern und die die Fischerei betreffenden Landesverordnungen darin enthalten.

Das handliche, kleine Bändchen ist zum Nachschlagen der Texte der Gesetze und Verordnungen geeignet.

G. Mitscherlich

---

## Mitteilung des Verlages

Auf Grund des § 5, Absatz 2, des Hessischen Gesetzes über Freiheit und Recht der Presse in der Fassung vom 20. 11. 1958 gebe ich bekannt: Alleiniger Inhaber und Geschäftsführer von J. D. Sauerländer's Verlag ist Verleger Albrecht Gruber, wohnhaft in Frankfurt am Main.

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

# Bekanntmachung




# Jetzt gibt es die Garantie für echte Munitionsberatung!

Sie stellen hohe Ansprüche an Ihren Munitionshändler. Mit Recht. Damit Sie aber auch zu Ihrem Recht kommen, haben wir unsere Händlerschaft nach neuen Maßstäben ausgewählt. Unsere Auswahl erkennen Sie am „Certificat für Fachberatung" (siehe Abbildung oben). Sie finden es an der Fassade der von uns empfohlenen Fachgeschäfte.

Diese Geschäfte führen unser volles Munitionssortiment. Damit ist garantiert, daß Sie immer Ihre ganz spezielle Patrone finden. Die Patrone Ihrer Wahl. Und Sie finden noch mehr. Nämlich echte Beratung durch den Fachmann. Denn nur der Fachmann ist unser Mann. Wie gut, daß Sie diesen Mann jetzt so leicht erkennen.




Munition von
**Dynamit Nobel**

Geben Sie sich nicht mit weniger zufrieden!

„Certificathändler"-Nachweis erteilt: Dynamit Nobel AG, Verkaufsabteilung 4 · 5 Köln 60, Nesselrodestraße 20

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

## INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



141. JAHRGANG 1970 HEFT 2 FEBRUAR

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

***Manuskripte*** **(es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.**

***Anzeigenverwaltung:*** **Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 3804, Vorwahl 06152.**

***Anzeigenpreis:*** **die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.**

***Verlag:*** **J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. 1., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.**




BEILAGENHINWEIS

Diesem Heft liegen Titelbogen und Inhaltsverzeichnis zum 140. Jahrgang 1969 der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung bei.


**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 2 des 141. Jahrganges sind:**

Professor Dr. K. Hasel, 351 Hann. Münden, Bahnhofstr. 6

Professor Dr. Horst Kramer, 3414 Hardegsen, Staatl. Forstamt, Bahnhofstraße 6

J. Leonhardt, 3414 Hardegsen, Staatl. Forstamt, Bahnhofstr. 6

Professor Dr. Dr. Dr. h. c. Kurt Mantel, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

O.-J. Saetre, 3414 Hardegsen, Staatl. Forstamt, Bahnhofstr. 6

Dr. S. Schönhar, Bad.-Württ. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Abt. Phytopathologie, 7806 Wittental bei Freiburg

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Dipl.-Forstwirt Jochen Heuveldop, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Professor Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Akad.-Rat Dr. F. Rittershofer, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

**Übersetzungen**

der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Der forstwissenschaftliche Unterricht an der Landwirtschaftlichen Akademie Hohenheim und seine Verlegung nach Tübingen im Jahr 1881

Von K. Hasel

Im Jahr 1968 konnte die (jetzige) Universität Hohenheim auf ein 150jähriges Bestehen zurückblicken. Aus diesem Anlaß hat Professor Dr. Günther Franz im Auftrag des Senats ein Buch „Universität Hohenheim 1818 - 1968“ herausgegeben und darin in umfassender Weise die Geschichte der Anstalt behandelt (1). Diese Arbeit ist für den Forsthistoriker von besonderem Interesse, weil die württembergischen Forstdienstbewerber in der Zeit zwischen 1825 und 1881 in Hohenheim zusammen mit den Landwirten ausgebildet wurden (2). Deshalb soll hier über diesen Teil der Arbeit ausführlich berichtet und diese in verschiedenen Punkten ergänzt werden.

## 1.

Die Anfänge des forstlichen Ausbildungswesens reichen in Württemberg wie auch anderwärts in den Ausgang des 18. Jahrhunderts zurück (3, 4, 5). Aber im Gegensatz zu den meisten anderen deutschen Ländern stand in Württemberg am Beginn des forstlichen Ausbildungswesens nicht die private forstliche Meisterschule, sondern die vom Landesherrn ins Leben gerufene Akademie. Das Vorbild dazu ist wahrscheinlich von Preußen ausgegangen (6), wo im Jahr 1770 der am Militärärztlichen Institut angestellte Professor der Botanik, Gleditsch, beauftragt wurde, für Feldjäger und Forstleute botanische Vorlesungen zu halten (7). Diesem Beispiel folgte Herzog Karl Eugen von Württemberg. Dieser hatte im Jahr 1770 auf Schloß Solitude bei Stuttgart eine Militärakademie errichtet. Diese wurde 1775 nach Stuttgart verlegt und im Jahr 1781 von Kaiser Joseph II, der sie wenige Jahre zuvor besucht hatte, zur Hohen Schule mit allen Vorrechten und Freiheiten der Universitäten erhoben (6). Sie ist als Hohe Karlsschule in die Geschichte eingegangen. Ihr wurde im Jahr 1772 eine Forstschule angeschlossen, deren Eleven eine Art Leibgarde bildeten und bei Hof Dienst tun mußten. Die Hohe Karlsschule umfaßte sechs Fakultäten für Rechtswissenschaft, Arzneikunde, Philosophie, Kriegswissenschaft, Ökonomie und freie Künste und in der Ökonomischen Fakultät Abteilungen für Kameral-, Forst- und Handelswissenschaft. In einem zweijährigen Kursus wurden für die dem Forst- und Jagdwesen sich widmenden Zöglinge Naturrecht, Geometrie, Botanik, Zoologie, Mineralogie, Forst- und Jagdwissenschaft, Forstrecht, Landwirtschaft, Rechnungswesen und Pflanzen- und Tierzeichnen gelehrt (6). Lehrer der Forstwissenschaft war bis zu seinem Tod im Jahr 1790 der Leiter der Direktion des Forstwesens, Hof- und Domänenrat Stahl, der wöchentlich zweimal Unterricht erteilte. An seine Stelle trat Professor Hartmann, nachmals Vorstand der Sektion der Kronforste und zuletzt Vorstand der Landwirtschaftlichen Centralstelle (siehe auch bei Franz, außerdem 5, 6).

Der gleiche Fürst hatte im Jahr 1782 in Hohenheim außerdem eine Försterschule (sog. Forstliche Mittelschule) errichtet, ebenfalls eine vergleichsweise sehr frühe Maßnahme. An dieser Schule wurden die militärischen Anwärter für die Försterlaufbahn ausgebildet. Die Schule hatte militärische Verfassung. Die Angehörigen dieser „Jägergarde“ hatten in Gemeinschaft mit dem herzoglichen Leibcorps die Wache vor dem Wohnzimmer Seiner Herzoglichen Durchlaucht zu halten und Höchstdieselbe bei Tafel zu bedienen (6). Der Unterricht umfaßte Naturkunde, Mathematik, Kameral- und Forstwissenschaft. Forstliche Lehrer waren Forstrat von Reitter und Oberforstrat von Jäger, die beide aus der Hohen Karlsschule hervorgegangen waren (5, 6).

Beide Anstalten wurden nach dem Tod des Herzogs Karl Eugen in den Jahren 1793 und 1794 aufgelöst, da sein Nachfolger kein Interesse daran hatte. Für Rechtskunde, Arzneikunde und Philosophie bot die Landesuniversität in Tübingen Ersatz. Für die drei weiteren Fakultäten Kriegswissenschaft, Ökonomie und freie Künste hingegen hörte aller Unterricht auf. Eine Verlegung der Ökonomischen Fakultät der Hohen Karlsschule erfolgte nicht; „ein barbarisches Finanzwesen verachtete diese Stützen der ächten Finanzkunst“ (6).

Das forstliche Unterrichtswesen in Württemberg kehrte jetzt dahin zurück, von wo es in anderen Ländern seinen Ausgang genommen hatte: zur forstlichen Meisterschule. Oberförster Jeitter leitete eine solche Meisterschule bis 1797 in Bottnang und von da an bis 1806 in Heidenheim. Auch Reitter erteilte bis 1807 in Stuttgart forstlichen Privatunterricht. Im gleichen Jahr gründete Georg Ludwig Hartig, der soeben in Stuttgart als Forstrat angestellt worden war, dort ein privates Forstinstitut, an dem er zusammen mit einigen Nichtforstleuten lehrte. Er hatte bedeutenden Zulauf. Nach seinem Weggang im Jahr 1811 ging seine Schule wieder ein (5, 6).

Alle diese Bemühungen reichten aber nicht aus, um dem gesamten Forstdienstpersonal eine zeitgemäße Ausbildung zu geben. Einen Aufschwung nahm das forstliche Unterrichtswesen in Württemberg erst, als König Wilhelm im Jahr 1817 an der Universität Tübingen eine staatswirtschaftliche Fakultät und an dieser einen Lehrstuhl für Forstwissenschaft errichtete. Darauf wurde auf Vorschlag von Oberfinanzrat Nördlinger, dem Vater des späteren Professors, der junge, damals noch ziemlich unbekannte Hundeshagen aus Hersfeld berufen (5, 6). Als dieser im Jahr 1822 nach Fulda ging, trat Widenmann an seine Stelle.

Das Jahr 1818 bildet einen Markstein in der Geschichte der württembergischen Forstverwaltung. Bis dahin bestand eine tiefe Kluft zwischen den adeligen Oberforstmeistern, die ohne forstliche Ausbildung allein auf dem Weg über Militär- und Hof- und insbesondere Jagddienst in die leitenden Stellungen der Forstverwaltung gelangt waren, und den bürgerlichen Förstern, die auf der Hohen Karlsschule ihre Ausbildung erlangt hatten. Nichts weist darauf hin, berichtet Widenmann (6), daß in der Carlsakademie ein Adeliger in der Abteilung der Forstzöglinge gewesen ist. Erst kurz zuvor war die Benennung Forstknecht durch Förster ersetzt worden; „diese wurden aber immer noch mit „Er“ angeredet und so ziemlich als die Knechte der Oberforstmeister gehalten und behandelt“ (6). Jetzt, im Jahr 1818, bestimmte König Wilhelm, es solle in Zukunft niemand, ohne durch den Forstrat* bei der für jeden Dienstgrad geeigneten Prüfung tüchtig befunden worden zu sein, zu einer Stelle in der Forstverwaltung vorgeschlagen und in derselben angestellt werden können. Damit die Forstkandidaten Gelegenheit hätten, sich die nötige fachliche Bildung zu erwerben, wurde der forstliche Lehrstuhl an der Universität Tübingen errichtet.

Gleichzeitig (1818) wurde in Verbindung mit der Feldjägerschwadron eine staatliche Försterschule in Stuttgart geschaffen, „damit auch Söhnen von unbemittelten Forstbeamten Gelegenheit zu kostenfreier Erlangung des erforderlichen Unterrichts gewährt werden möge“ (6). Als Lehrer für Forst- und Jagdwissenschaft war Oberförster Jeitter tätig. Allein als Finanzminister von Malchus, auf den diese Maßnahme zurückging, im Jahr 1820 entlassen wurde, setzte die Kammer der Abgeordneten die Aufhebung dieser Anstalt durch; sie war nach dem Urteil von Widenmann durch die Art der Verbindung des Militärischen mit dem Forstlichen nicht sehr glücklich gewesen. Statt dessen wurde an dem kurz zuvor (1818) gegründeten Landwirtschaftlichen Institut in

* Der „Forstrat“ war in Württemberg eine Behörde.

Hohenheim (bei Stuttgart) ein forstlicher Lehrstuhl errichtet, auf den JEITTER berufen wurde. Man sparte dadurch einen besonderen forstlichen Lehrer für die Hohenheimer Landwirte, indes die forstlichen Grundwissenschaften von den Hohenheimer Naturwissenschaftlern mitvertreten wurden (FRANZ).

Die Zahl der Forststudenten in Hohenheim war zunächst gering. Dies änderte sich, als im Jahr 1825 der forstwissenschaftliche Unterricht ganz von Tübingen nach Hohenheim verlegt wurde. Die Entscheidung zugunsten von Hohenheim führen einige Autoren (4, 9) auf das Betreiben des im Jahr 1823 nach Hohenheim als Nachfolger für JEITTER berufenen Forstlehrers GWINNER zurück, eines Schülers von HUNDESHAGEN aus seiner Tübinger Zeit. Überzeugender erscheint mir die in einer Denkschrift des württembergischen Kultusministeriums im Jahr 1880 gegebene Darstellung (10), wonach die mit der Aufsicht über das Landwirtschaftliche Institut in Hohenheim betraute Landwirtschaftliche Zentralstelle in Stuttgart die Verlegung des forstlichen Unterrichts von Tübingen nach Hohenheim betrieben hat (und dabei möglicherweise von GWINNER unterstützt wurde). Da der Vorstand der Landwirtschaftlichen Zentralstelle Geheimrat VON HARTMANN war, der noch an der Hohen Karlsschule in Stuttgart Forstwissenschaft gelehrt hatte, gewinnt diese Auslegung sehr an Wahrscheinlichkeit.

WIDENMANN, der seit 1822 als Nachfolger HUNDESHAGENS in Tübingen Forstwissenschaft lehrte, hat sich mit dieser für seine Stellung ungünstigen Entwicklung erstaunlich ruhig abgefunden. Denn in einem im Jahr 1831 veröffentlichten Aufsatz über die Geschichte der Forstlehranstalten in Württemberg (6) geht er auf den Vorgang von 1825 überhaupt nicht ein. Er spricht sich dafür aus, daß jene Studierenden, welche die Befähigung für Oberförster- und höhere Stellen erstreben, sich an der Universität in einem besonderen Studium die notwendigen Kenntnisse auf dem Gebiet der Rechts-, Polizei- und Kameralwissenschaft erwerben, da Hohenheim dies nicht bieten könne. Sache des Universitätslehrers der Forstwissenschaft sei es dann, das Verhältnis des Forstwesens zum Staat zu lehren. Für die Bewerber um höhere Stellen sei der einjährige Besuch der Universität zusätzlich zum Studium in Hohenheim zu empfehlen.

Die weitere Entwicklung hat, wie sich später ergeben wird, WIDENMANN nur teilweise recht gegeben. Die von ihm erstrebte Stellung im Rahmen des forstwissenschaftlichen Studiums erreichte er nicht. Sein Lehrstuhl in Tübingen wurde nach Verlegung des forstwissenschaftlichen Unterrichts nach Hohenheim zwar nicht aufgehoben, jedoch auf den encyclopädischen Vortrag für die Studierenden der Kameralistik beschränkt. WIDENMANN mußte außerdem ab 1829 auch den Lehrstuhl für Landwirtschaft mitversehen. An seine Stelle trat 1836 SCHOTT VON SCHOTTENSTEIN, und als dieser 1841 wieder in die Verwaltung zurückging, erhielten in der Folge Landwirte einen Lehrauftrag für beide Fachgebiete (4, 10). Damit hatte Tübingen seine Bedeutung als forstliche Ausbildungsstätte ganz zugunsten von Hohenheim eingebüßt, wo GWINNER nunmehr eine intensive Lehrtätigkeit entfaltete (11).

Die neue forstliche Ausbildungsstätte unter der Leitung anerkannt tüchtiger Lehrer erlangte bald im In- und Ausland einen guten Ruf und erfreute sich im allgemeinen auch eines guten Besuchs. Daher war die Regierung bemüht, das Ihrige zur Hebung der Anstalt beizutragen. So wurde im Jahr 1829 der botanische Garten und 1830 eine Modellsammlung geschaffen, 1831 ein ständiger zweiter forstlicher Lehrer angestellt und 1838 ein besonderes Staatsforstrevier Hohenheim gebildet und dem ersten forstlichen Lehrer zur Bewirtschaftung übertragen. Über die Besetzung der Lehrstühle entnehme ich der Arbeit von FRANZ folgende Zusammenstellung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1820 - 1826 | JEITTER | 1831 - 1833 | GEBHARDT |
| 1826 - 1841 | GWINNER | 1833 - 1841 | BRECHT |
| 1841 - 1845 | BRECHT | 1841 - 1845 | FROMANN |
| 1845 - 1851 | FROMANN | 1845 - 1850 | NÖRDLINGER |
| 1852 - 1854 | TSCHERNING | 1852 - 1866 | FISCHBACH |
| 1855 - 1881 | NÖRDLINGER | 1866 - 1878 | BAUR |
| | | 1878 - 1881 | LOREY |

Seit 1850 wurden auch Rechtskunde und Nationalökonomie für Forstwirte gelesen. Im Jahr 1866 wurde den beiden Forstprofessoren ein Forstrepetent beigegeben. Schließlich wurde im Jahr 1872 eine forstliche Versuchsanstalt in Hohenheim errichtet (10).

Im Charakter der Anstalt war insofern eine Änderung eingetreten, als diese im Jahr 1847 die Bezeichnung „Land- und forstwirtschaftliche Akademie" erhielt. Sie wurde im Jahr 1865 der Aufsicht der Landwirtschaftlichen Zentralstelle enthoben und unmittelbar dem Ministerium für Kirchen- und Schulwesen unterstellt (10).

2.

GÜNTHER FRANZ behandelt in seinem Aufsatz eingehend die Gründe, die in Württemberg im Jahr 1881 zur Rückverlegung des forstwissenschaftlichen Unterrichts nach Tübingen geführt haben (12). Er kommt dabei zu dem Ergebnis, daß die Trennung damals erfolgte, „nachdem durch die Forstprofessoren und die forstlichen Standesorganisationen der Streit (zwischen Land- und Forstwirten) so hochgespielt und verschärft wurde, daß eine fruchtbare Zusammenarbeit nicht mehr möglich war. *Entscheidend waren, das muß man doch feststellen, standespolitische, nicht eigentlich sachliche Gründe*" (12). Ich will versuchen, diese Behauptung an Hand des zeitgenössischen Schrifttums zu untersuchen.

Zu der Zeit, als in Württemberg der forstwissenschaftliche Unterricht von Tübingen nach Hohenheim verlegt wurde (1825), war in Deutschland die von der Universität „isolierte" Forstlehranstalt, teils selbständig, teils in Verbindung mit anderen Wissenszweigen (wie etwa dem Bergbau in Clausthal) die Regel. Dies entsprach den Bedürfnissen einer Zeit, wo die Studierenden des Forstfachs häufig nicht über die für die Universtät notwendige Vorbildung verfügten und die forstwissenschaftliche Lehre noch weitgehend auf Wiedergabe von Beobachtungen und Erfahrungen beruhte. Mit dem Ausbau der Naturwissenschaften und der Wirtschaftswissenschaften erhielt die Forstwissenschaft allmählich einen festen, immer mehr sich verbreiternden Unterbau. Etwa ab der Mitte des 19. Jahrhunderts setzte dann die besondere forstwissenschaftliche Forschung ein. Damit entstand das Bedürfnis nach enger Verbindung mit den Stätten der naturwissenschaftlichen Forschung; man erkannte die Nachteile der Isolierung, die insbesondere in der Überlastung der Vertreter der Grundwissenschaften mit verschiedenartigen Fächern und in der zumeist ärmlichen Ausstattung ihrer Institute — im Vergleich zu den Universitäten — zum Ausdruck kam. So drängte die Forstwissenschaft zwangsläufig immer mehr aus der Enge der Fachhochschulen heraus zur Universität, zur unmittelbaren und engen Verbindung mit jenen Wissenschaften, die Grundlagen der forstlichen Forschung sind. Man erhoffte von der an den Universitäten bestehenden Spezialisierung und besseren Ausstattung Vorteile auch für die forstliche Forschung und Lehre (13).

So ist es zu erklären, daß etwa ab 1845 unter den Forstleuten der große Meinungsstreit „Forstakademie oder allgemeine Hochschule?" entstand, der während des ganzen 19. Jahrhunderts nicht mehr zur Ruhe gekommen ist, der von Freunden und Gegnern mit großer Leidenschaft geführt wurde. Der endgültige Bruch mit der Tradition erfolgte im Jahr 1874 auf der Versammlung deutscher Forstmänner in Freiburg, wo sich die Teilnehmer aus ganz Deutschland mit überwältigender Mehrheit für die Universitätsausbildung ausgesprochen haben. Von da an war es nur noch eine Frage der Zeit, wann in den einzelnen Ländern der Weg zur Universität oder Technischen Hochschule beschritten wurde. Für Württemberg wurde entscheidend, daß in Bayern als Ergebnis jahrzehntelanger Auseinandersetzungen der forstwissenschaftliche Unterricht im Jahr 1878 von Aschaffenburg an die Universität München verlegt wurde. Auf diesem Hintergrund muß man die Vorgänge beurteilen, die sich daraufhin in Württemberg vollzogen.

Hohenheim war von all dem nicht unberührt geblieben. Wie FRANZ mitteilt (14), hatte GWINNER bereits im Jahr 1832 die Verlegung der forstlichen Ausbildung nach Urach betrieben, um sie dort mit einem Lehrrevier auszustatten. Dem war man begegnet, indem im Jahr 1839 ein eigenes Revier Hohenheim geschaffen wurde, dessen Leiter der erste Forstlehrer war. Im Jahr 1854 setzte sich der Finanzminister dafür ein, die forstliche Ausbildung von der landwirtschaftlichen zu trennen und sie an die Polytechnische Schule in Stuttgart zu verlegen. Die Forstleute sollten nach dem Beispiel des benachbarten Baden zusammen mit den Interessenten des Baufachs, des Berg-, Hütten- und Salinenwesens studieren. Für die Verlegung wurde geltend gemacht, daß der den Forstschülern zu erteilende mathematische, physikalische und chemische Unterricht an der besonders dafür eingerichteten Polytechnischen Schule besser erteilt werden könne; außerdem biete Stuttgart so viele Bildungsmittel, die der Studierende in dem abgelegenen kleinen Hohenheim entbehren müsse (15). NÖRDLINGER, der darüber in der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung berichtete (16), hat es offensichtlich nicht bedauert, daß der Plan wegen des Widerstands des Kultusministers nicht weiter verfolgt wurde (10).

Die Angelegenheit wurde im Jahr 1865 in der Kammer der Abgeordneten erneut aufgegriffen, wobei sich u. a. der Abgeordnete PROBST für Verlegung nach Tübingen aussprach. Im weiteren Verlauf unterstützte der Finanzminister als Chef der Forstverwaltung den Vorschlag, während der Kultusminister sich mit Rücksicht auf den Bestand von Hohenheim widersetzte. Am 20. Juli 1865 fand eine Besprechung im größeren Kreis statt; an dieser nahmen die beiden Minister der Finanzen und des Kultus, Staatsrat VON SIEGEL, mehrere Forsträte, ein Forstmeister, der Akademiedirektor von Hohenheim und die beiden Forstprofessoren NÖRDLINGER und BAUR teil. Mit Ausnahme des Kultusministers und des Akademiedirektors bezeichneten alle Anwesenden Tübingen als die bessere Ausbildungsstätte für Forstwirte. Nach längerem Hin und Her stimmte der Finanzminister trotzdem zu, daß es bei der gemeinsamen Ausbildung von Land- und Forstwirten in Hohenheim bleiben solle (9, 10, 19).

Jetzt meldeten sich auch Forstleute zu Wort. Im gleichen Jahr 1865 trat Forstassistent FRANK in Bebenhausen in DENGLERS Monatsschrift für das Forst- und Jagdwesen für Verlegung des forstlichen Unterrichts nach Tübingen ein (17). Er nahm das vorweg, was man heute als „öffentliche Vorlesungskritik" bezeichnen würde. Die betroffenen Professoren NÖRDLINGER und FISCHBACH bezeichneten es als „Zeichen der Emanzipation einer halbfertigen Jugend, wenn ein noch vor drei Jahren vor uns sitzender Schüler sich heute schon in eine Höhe über uns aufgeschwungen hat, zu der wir nur mit Staunen aufblicken können" (18). Zur Hauptsache, der Verlegung nach Tübingen, äußerten sie sich jedoch nicht.

Rühmend hebt FRANK die Vertretung der mathematischen Fächer, von Physik und Waldwertrechnung durch Professor BAUR hervor. Chemie und Botanik würden in gleichem Umfang vorgetragen wie an jeder Universität. Dagegen wurde von ihm bemängelt, daß die beiden forstlichen Professoren durch die Vielzahl der von ihnen zu vertretenden Fächer überlastet seien, zumal jeder von ihnen noch ein Revier zu verwalten habe.

Von den beiden Professoren hatten zu vertreten: der eine: Forstschutz, Insektenkunde, Forsttaxation, Forsthaushalt, Staatsforstwirtschaftslehre und Forstgeschäftspraxis, der andere: Forstencyclopädie, Forstbotanik, Waldbau, Klimatologie, Meteorologie, Bodenkunde, Forstbenutzung, Forstgesetzgebung, landwirtschaftliche Encyclopädie für Forstwirte und Planzeichnen.

Gegen die Vorlesungen wird eingewandt, ihre Gestaltung erschwere zum Teil dem Anfänger den Überblick und ein gründliches Studium auf Grund der Manuskripte, oder sie hielten mit dem neuesten Stand der Wissenschaft nicht Schritt.

Die für Holzmeßkunst und Physik nötigen Geräte entstammten einer „vorsündflutlichen Periode". Ein einziger Professor der Naturwissenschaften habe Mineralogie, Geognosie, Botanik und Zoologie zu lesen; das übersteige die Leistungsfähigkeit des tüchtigsten Mannes und gestatte ihm nicht, in seinen Vorträgen stets den neuesten Stand des Wissens wiederzugeben. Manche Grundlagenfächer litten unter zu geringer Stundenzahl oder seien zu sehr auf die Bedürfnisse der Landwirte zugeschnitten. Die Sammlungen seien zum Teil veraltet oder ungeordnet. Die kameralistischen, staatswissenschaftlichen und juristischen Fächer würden von dem Sekretär der Akademie vorgetragen. Von Finanzrecht, von Haushalts- und Rechnungswesen, von Staatsrecht, römischem Recht und Zivilprozeß werde nichts, von Nationalökonomie, Privatrecht und Strafrecht werde so wenig geboten, daß der Forstkandidat mit den hier erlangten Kenntnissen nicht einmal die einfachsten Prüfungsfragen beantworten könne. Jene Kandidaten, welche ein zu den höheren Staatsstellen berechtigendes Examen ablegen wollten, müßten unbedingt noch für einige Semester die Universität besuchen.

FRANK kommt zu dem Ergebnis, daß die forstwissenschaftliche Ausbildung den Anforderungen der Zeit nicht gerecht werden könne, wenn sie weiter mit der Landwirtschaftlichen Akademie verbunden bleibe, und fordert ihre Verlegung an die Universität Tübingen.

Mit diesen Vorgängen war eine öffentliche Auseinandersetzung eingeleitet, die erst im Jahr 1881 mit der Verlegung des forstwissenschaftlichen Unterrichts an die Universität Tübingen beendet wurde.

In der Anfangszeit gab es, wie FRANZ berichtet (11 a), in Hohenheim zwischen Land- und Forstwirten erhebliche Spannungen, weil nach den Worten des damaligen Direktors SCHWERZ (1825) „die etwas wilden Söhne der Fauna mit den stilleren Söhnen der Ceres unmöglich harmonieren können". Die Forstwirte zögen vielfach die Jagd dem Unterricht vor und widerstrebten der Aufrichtung einer strengen Disciplin. FRANK (1865) spricht von dem stiefschwesterlichen Verhältnis von Land- und Forstwirtschaft in Hohenheim; von jeher und auch heute noch stehe die Landwirtschaft beherrschend im Vordergrund. Die zahlenmäßige Überlegenheit der Landwirte über die Forstwirte (etwa 3 : 1) sei die Ursache. Der Direktor der Akademie war stets Landwirt. Auch unter den Lehrern überwogen die Landwirte (17). BAUR erwähnt (1869), daß man in früheren Zeiten mit den Forstwirten in Hohenheim nicht immer sehr freundlich umgegangen sei. Die besseren Zimmer erhielten die Landwirte. Kam ein Disciplinarfall vor, so fiel der Verdacht zuerst auf die rohen Forstleute; „dagegen waren die feinen Herren Landwirte, namentlich wenn sie einem adeligen Haus entsprossen, die Haupthähne im Korb". Unter dem Direktorium WERNER seien diese Mißstände beseitigt worden. Land- und Forstwirtschaft ständen an der Akademie jetzt (1869) gleichberechtigt nebeneinander (20). Spannungen zwischen Land- und Forstwirten waren also nicht der Grund für die Verlegung des forstlichen Unterrichts nach Tübingen.

BAUR, unbedingter Anhänger der Universitätsausbildung der Forstleute, machte sich gleichwohl zum Verteidiger Hohenheims gegen unberechtigte Angriffe. Mißstände, wie sie den preußischen Forstakademien nachgesagt wurden (13), gebe es hier nicht. Von „direktorialem Satteldruck" sei nichts zu spüren; alle wichtigen Fragen, insbesondere die Berufung von Lehrern, würden kollegialisch behandelt. Ein Einfluß auf die Vorlesungen stehe dem Direktor nicht zu. Die Hohenheimer Professoren hätten gleichen Rang wie die ordentlichen Professoren in Tübingen. Die Verwaltung der Akademie sei (anders als damals in Preußen) gut eingerichtet. Die Bibliothek, die Professoren und Studenten offen stehe, verfüge über ausreichende Mittel. Die Grund- und Hilfswissenschaften seien mit Lehrkräften besser ausgestattet als an der Universität Gießen, der Ausbildungsstätte der hessischen Forstleute. Freilich hätten die Universitäten in dieser Beziehung die besseren Lehrer (19, 20). Die Studierenden der Forstwissenschaft hätten in Württemberg seit 1868 völlige Studienfreiheit, sie könn-

ten (auch außerhalb von Württemberg) studieren wo sie wollten, und brauchten nie einen Tritt nach Hohenheim gesetzt zu haben. In dieser Beziehung sei Württemberg der liberalste deutsche Staat (19). Mißstände, wie man sie damals insbesondere den preußischen Forstakademien nachsagte, bestanden in Hohenheim zu der Zeit, wo die Verlegung des forstlichen Unterrichts nach Tübingen betrieben wurde, nicht.

BAUR ging noch weiter: „Ist es überhaupt notwendig, daß jeder kleinere Staat seine eigene forstliche und landwirtschaftliche Lehranstalt hat? Ist es in einer Zeit, wo man so bequem, billig und rasch nach allen Richtungen Deutschlands befördert werden kann, noch notwendig, daß Hessen, Baden, Sachsen-Eisenach, Königreich Sachsen, Braunschweig, Württemberg usw. eigene Forstschulen besitzen? Wäre es nicht besser, wenn kleinere Staaten wie z. B. Hessen, Baden und Württemberg sich zu einer einzigen Forstlehranstalt vereinigten?" (20). Wie lange brauchte es in Wirklichkeit, bis diese Erkenntnis sich durchsetzte!

Wenn BAUR und seine Zeitgenossen und mit ihnen die württembergische Forstverwaltung jetzt nachdrücklich die Universitätsausbildung der Forstleute verlangten, so ist der tiefste Grund dazu in der zu Beginn dieses Abschnitts geschilderten *allgemeinen Entwicklungstendenz des forstwissenschaftlichen Unterrichts im 19. Jahrhundert* zu suchen, die 1874 auf der Versammlung deutscher Forstmänner in Freiburg mächtigen Ausdruck gefunden hat. Ihr konnte sich Württemberg nicht entziehen, auch wenn die den kleinen „isolierten" Forstlehranstalten nachgesagten Nachteile und Mißstände in Hohenheim geringer waren. Mit der Verlegung an die Universität erhoffte man breitere Entfaltungsmöglichkeiten für Forschung und Lehre, in Tübingen außerdem bessere Möglichkeiten für Exkursionen in den nahe gelegenen Waldgebieten. Vorteile erwartete man insbesondere von den vielfachen Anregungen, welche die Universität mit ihren zahlreichen Disciplinen der forstlichen Forschung und Lehre zu geben vermochte. BAUR (19) verweist auf die eigene Erfahrung: der Lehrer an einer Fachschule müsse alle Kräfte zusammenhalten, wenn er nicht versauern, seine geistige Spannkraft erhalten und nicht einseitig werden wolle. Er beklagte das einförmige und trockene Leben an der Forstlehranstalt.

Ein weiteres kommt hinzu. Bis zum Jahr 1868 unterlag der höhere Forstdienst, wie wir heute sagen würden, in Württemberg (wie zum Teil auch anderwärts) einer Zweiteilung. Für die niederen Stellen der Forstverwaltung war zweijähriger Besuch der Anstalt in Hohenheim vorgeschrieben, während die Bewerber für die höheren Stellen außerdem die Maturitätsprüfung und ein einjähriges Studium der Rechts- und Staatswissenschaften an einer Universität nachweisen mußten. Im Lauf der Zeit war der zweite anspruchsvollere Ausbildungszug die Regel geworden, so daß die forstlichen Besucher der Akademie Hohenheim bereits vor 1868 in der Mehrzahl Universitätsreife besaßen. Im Jahr 1868 wurde dann folgerichtig der niedere Ausbildungsgang aufgehoben und nunmehr von allen Bewerbern für die Forstlaufbahn der Nachweis erfolgreicher Maturitätsprüfung verlangt.

Schon früher hatten die Bewerber für die höhere Forstlaufbahn Rechts- und Staatswissenschaften in der Regel zwei Semester lang in Tübingen studiert. Jetzt (1868) herrschte zwar völlige Studienfreiheit; doch konnten die rechts- und staatswissenschaftlichen Disziplinen tatsächlich nur in Tübingen gehört werden. *Diese Teilung der Ausbildung auf verschiedene Studienorte bildete einen der hauptsächlichsten Beschwerdepunkte* (21). In der Regel gingen die Studierenden der Forstwissenschaft erst für einige Semester nach Tübingen, um dort Grundwissenschaften (19) und Rechts- und Staatswissenschaften zu studieren und kamen oft nur nach Hohenheim, um ihre forstlichen Studien durchzuführen. Die Umstellung von der Universität auf die wesentlich kleineren Verhältnisse der Hohenheimer Akademie fiel ihnen verständlicherweise schwer (19). *Als nun gar Bayern im Jahr 1878* an der Universität München eine Anzahl forstlicher Lehrstühle errichtete und damit *das forstwissenschaftliche Fachstudium von Aschaffenburg nach München verlegte, mußte man bei dem in Württemberg bestehenden Grundsatz der Freizügigkeit für den Besuch des forstlichen Zweiges der Akademie Hohenheim das Schlimmste befürchten* (21). Dieser Gesichtspunkt hat ganz entscheidend die Verlegung nach Tübingen beeinflußt.

Hinzu trat als dritter Grund *die unterschiedliche Vorbildung* der in Hohenheim studierenden Land- und Forstwirte. Schon vor 1868 war bei den Forstwirten die Erstehung der Maturitätsprüfung die Regel. Ab 1868 war sie für die in den Staats- und Kommunaldienst Tretenden zwingend vorgeschrieben. Die größeren privaten Forstverwaltungen schlossen sich diesem Vorgehen an. Ganz anders war das aber bei den Studierenden der Landwirtschaft, die in die staatliche Verwaltung damals noch nicht eingestellt wurden. Sie waren später ausschließlich im Privatdienst oder im eigenen landwirtschaftlichen Betrieb tätig; für sie war das Bestehen der Maturitätsprüfung nicht vorgeschrieben und daher die Ausnahme. Es ist naheliegend, daß die geringere Vorbildung dieser Studierenden auf die Gestaltung des Unterrichts in den gemeinsam zu besuchenden Grundwissenschaften sich auswirkte; deshalb haben die Forststudenten Grundwissenschaften oft an der Universität studiert (19).

Die Ausbildung an einer Fachschule, die geringere Anforderungen an die Vorbildung ihrer Schüler stellte, ließ die forstwissenschaftliche Ausbildung im Vergleich zu anderen Beamtengruppen, die ihre wissenschaftliche Ausbildung ganz an der Universität erhielten, als geringerwertig erscheinen. „Andere Beamte", so schreibt BAUR 1875 (19), „welche ihre vollen Studien an der Universität gemacht haben, streben nicht selten, den Forstmann in die Klasse der Halbgebildeten herabzuziehen, hat er doch nur eine Fachschule besucht. Selbst der Cameralist, an welchen der Staat in Württemberg weit geringere wissenschaftliche Ansprüche stellt, glaubt nicht selten, etwas besseres als der Forstmann zu sein, besitzt er doch einen höheren Gehalt!" Es war nur natürlich, daß die Forstbeamten Württembergs die gleiche Stellung und Besoldung beanspruchten wie andere Staatsdiener; das war nur möglich, wenn sie auch die gleiche Ausbildung wie diese erhielten. *Letzten Endes ging es darum, die Aschenbrödelstellung der Forstverwaltung zu durchbrechen und ihre Gleichstellung mit den übrigen staatlichen Verwaltungen zu erreichen.* Deshalb war der Schritt zur ausschließlichen Universitätsausbildung der Forstwirte unbedingte Notwendigkeit. Er mußte — wie in den anderen Ländern — früher oder später kommen. Solche Überlegungen bestanden für die Landwirte nicht.

Deshalb irrt FRANZ, wenn er das Verlangen nach ausschließlicher Universitätsausbildung der württembergischen Forstleute mit „standespolitischen Zielsetzungen" abtut und es als „sachlich nicht notwendig" bezeichnet (12). Es ist auch festzuhalten, daß die Auseinandersetzung um diese Frage von Professor BAUR und vom württembergischen Forstverein (9) mit äußerster Sachlichkeit geführt wurde und daß dabei kein Vorwurf gegen Hohenheim und gegen die Landwirte erhoben wurde. Auf der anderen Seite waren die Gesichtspunkte, welche die Gegner der Verlegung ins Feld führten, nicht überzeugend (9). Sie befürchteten eine stärkere Belastung des Staatshaushalts, wenn die ausschließlich an der Universität ausgebildeten Forstleute gleiche Besoldung wie andere staatliche Beamte verlangten. Sie befürchteten vor allem eine Schädigung der Akademie Hohenheim durch Wegverlegung des forstwissenschaftlichen Unterrichts, obwohl die Forststudierenden gegenüber den Studierenden der Landwirtschaft in Hohenheim nicht sehr ins Gewicht fielen (im zehnjährigen Durchschnitt 15 Forstleute gegen 60 Landwirte).

In den Jahren zwischen 1875 und 1880 wurde die Verlegung des forstlichen Unterrichts nach Tübingen in den beiden Kammern und in der Tagespresse eifrig und, je mehr die Entwicklung zu einer Entscheidung drängte, mit zunehmender Leidenschaftlichkeit

— man darf wohl sagen: von beiden Seiten — diskutiert. Dabei kam es zu „ganz ungehörigen Angriffen auf die Akademie" als solche (LOREY), die denn auch vom Lehrerconvent einmütig zurückgewiesen wurden (22). Anstoß erregte ein Anfang 1881 von den Professoren NÖRDLINGER und LOREY unterzeichnetes Flugblatt (siehe Anlage), das einige kräftige und gewiß übertriebene Vorwürfe gegen den gemeinsamen Unterricht von Land- und Forstwirten in Hohenheim enthielt, davon abgesehen jedoch der Öffentlichkeit ein lebendiges Bild der damaligen Lage aus der Sicht der beiden Forstprofessoren gab, das ich den heutigen Lesern nicht vorenthalten möchte. Die zu beanstandenden Ausdrücke („monströse Früchte" und „Anachronismus") sind aus der Situation des Tages zu erklären und wären unterblieben, wenn die Gegenseite nicht so unnachgiebig ihre unhaltbar gewordene Position verteidigt hätte. In diesem Zusammenhang von „ungeheuerlichen Behauptungen" (FRANZ) zu sprechen (12), geht bestimmt zu weit.

*Die wichtigsten Stadien der Entwicklung* waren folgende: Im Jahr 1875 bereits faßte der Lehrerkonvent der Akademie Hohenheim folgende Resolution: „Wir verkennen im Prinzip die großen Vorteile nicht, welche das Studium der Forstwissenschaft ausschließlich an der Universität bietet. Wir halten dagegen die Abtrennung des forstlichen Teils von der Gesamtakademie für bedenklich für die Existenz des landwirtschaftlichen Teils desselben, dessen Fortbestehen wir als gegeben ansehen" (21).

Ein umfassender Bericht der Forstdirektion aus dem Jahr 1879 sprach sich für Verlegung des forstwissenschaftlichen Unterrichts nach Tübingen aus, u. a. weil die bestehende Teilung des Studiums zwischen Tübingen und Hohenheim einen geordneten und systematischen Studiengang nicht ermögliche. Tübingen gebe den Forststudenten die Möglichkeit, neben ihrem Fachstudium Vorlesungen aus anderen Fachgebieten zu hören. Als weiterer Vorteil wird gewertet „die Verbindung mit den Studierenden anderer Zweige des Staatsdienstes, mit welchen später vielfache Berührung im Leben und im dienstlichen Verkehr stattfindet. Die Angehörigen des Forstfaches würden, nur auf Hohenheim angewiesen, entschieden in ihrem Wert herabgedrückt und anderen Beamten gegenüber nicht als ebenbürtig angesehen werden" (21). Es ging also um ganz andere Dinge als um standespolitische Gegensätzlichkeiten gegenüber den Landwirten.

Weiter hat die vierte Jahresversammlung des württembergischen Forstvereins in Backnang im Jahr 1879 eine Entschließung gefaßt, in der es u. a. heißt: „Durch Errichtung forstlicher Lehrstühle an der Universität München erscheine in Württemberg der forstliche Unterricht in seiner dermaligen Gestalt ernsthaft gefährdet; solle dieser lebenskräftig erhalten werden, so sei die alsbaldige Überführung der Forstakademie von Hohenheim nach Tübingen dringend notwendig" (21).

Schließlich fand in Anwesenheit des Finanzministers ein Lehrerkonvent in Hohenheim statt. Dabei erklärten sich die Forstprofessoren für, und die übrigen Mitglieder des Lehrerkonvents gegen die Verlegung „und zwar wegen der für die landwirtschaftliche Akademie zu befürchtenden Nachteile". Der gleichfalls beigezogene frühere Direktor von Hohenheim, Präsident VON WERNER, erklärte, ein Bedürfnis nach Verlegung könne er nicht anerkennen. Aber nachdem der ganze Stand der Forstleute sich einstimmig für die Verlegung ausgesprochen habe, sei er der Ansicht, daß diese Frage nie mehr zur Ruhe kommen werde und daß es vergeblich wäre, dagegen Opposition zu machen" (21).

Diese Stellungnahmen waren für den Kultusminister Anlaß, seine bisherigen Bedenken zurückzustellen .Die Regierung entschloß sich, „die von der Kammer der Abgeordneten zur Erwägung gestellte Frage der Verlegung des forstlichen Unterrichts an die Universität Tübingen ihrerseits bejahend zu beantworten" (21). Damit war der Weg frei für die ausschließliche Universitätsausbildung der württembergischen Forstleute. Diese wurden ab 1881 an der Universität Tübingen ausgebildet, bis der forstliche Hochschulunterricht im Jahr 1920 an die Universität Freiburg verlegt wurde.

Insgesamt haben sich die damals getroffenen Entscheidungen als richtig erwiesen. Sie haben entgegen den seinerzeitigen Befürchtungen die weitere Entfaltung der Akademie und jetzigen Universität Hohenheim nicht behindert.

———

*Flugblatt: Verlegung des forstlichen Unterrichts (Auszug).*

So lang eine niedere Klasse von Forstdienern bestand, hatte eine Vereinigung dieser mit den der großen Mehrzahl nach auf ihrer Bildungsstufe stehenden Landwirten einen Sinn. Jetzt wo alle studierenden Forstleute die Vorprüfung zur Universität erstanden haben und die Universität München sich mit forstlichen Lehrstühlen ausgerichtet hat, ist der höhere forstliche Unterricht zu Hohenheim aus verschiedenen Gründen unhaltbar.

Ein Zusammenwerfen von Maturis mit Immaturis muß beim Unterricht zu monströsen Früchten führen und ist ein Anachronismus.

Die Studierenden fangen logisch mit der Universität an und gründen darauf das Fachstudium. Da aber Tübingen keine forstlichen Lehrstühle besitzt, studieren sie großenteils zu München oder an beiden Orten und endlich erst in ihrem 5. und 6. Semester zu Hohenheim. Diese Zerrissenheit ihres Studiums hat für sie unnötigen Zeit- und Geldaufwand und weiter im Gefolge, daß vorbereitende Fächer wie Forstschutz, Forstbotanik, Kenntnis der Hölzer, größtenteils statt im ersten im letzten Semester und Baum- und Bestandesschätzung sowie Waldwertrechnung zugleich mit Mathematik gehört werden.

Der Lehrer weiß jetzt nicht mehr, wie er die Fächer lesen soll. Statt seine Hörer gründlich darin einzuführen, muß er sich auf das Nötigste beschränken, denn die Hohenheimer Forststudierenden stehen an der Schwelle der Staatsprüfung und sind großenteils bloß deshalb noch ein Jahr nach Hohenheim gekommen, um ihre zukünftigen Examinatoren kennen zu lernen.

Die ungenügende Vorbildung der Landwirte in gemeinschaftlichen Vorlesungen wie praktische Geometrie läßt keinen normalen Vortrag zu. Ein solcher setzt stets eine gewisse Gleichmäßigkeit der Vorkenntnisse des Auditoriums voraus.

Der jetzige Studiengang macht die erwünschte Einführung einer zweckmäßigeren ersten Forstdienstprüfung (gemeint ist die sog Vorprüfung, HASEL) unmöglich.

Die Verlegung unseres forstlichen Unterrichts an die Universität Tübingen wie diejenige des Aschaffenburger nach München, des Eisenacher nach Jena, des Karlsruher nach Freiburg ist nur noch eine Frage der Zeit. Die gesamte forstliche Welt Süddeutschlands und ein großer Teil der norddeutschen Fachgenossen verlangen Universitätsausbildung.

Ein Verbleiben zu Hohenheim machte die Forstleute zu konsequenten Feinden der Landwirtschaft. Sie würden sich stets bewußt sein, nur als Rad am Wagen der Landwirtschaft zu dienen und müßten einen Tag der Auflösung der Akademie als Tag der Befreiung ersehnen.

In Hohenheim kann den Forstleuten niemals geholfen werden. Nimmt man auch, was für die Übersiedlung nach Tübingen beabsichtigt wird, in Hohenheim dem ersten Forstlehrer sein Revier ab, verwandelt die Repetentenstelle in eine außerordentliche Professur, baut dem dritten Forstprofessor eine Wohnung, richtet für Versuchszwecke ein geeigneteres Lokal ein, so wird dadurch die Zerfahrenheit des forstlichen Studiums nicht gehoben.

Ebenso kann nach Abgang des forstlichen Unterrichts die Landwirtschaft als solche ohne Degradation fortbestehen. Hohenheim ist die einzige isolierte höhere landwirtschaftliche Lehranstalt. Sie hat ihren glänzenden Namen und kann wie bisher von den Söhnen der Väter bezogen werden, welche auf Anschauungsunterricht

Wert legen. Keine andere landwirtschaftliche Lehranstalt hat eine ähnliche Domäne zur Verfügung. Keine sonst verfügt über geistige Kräfte und über Sammlungen wie sie. Auch trotz einiger Ersparnisse in Dingen, welche allen anderen landwirtschaftlichen Lehranstalten fehlen, wird sie mit Ehren fortbestehen.

NÖRDLINGER LOREY


**Summary**

Title of the paper: *The Forestry Course at the Academy for Agriculture at Hohenheim and its Transfer to Tübingen in 1881.*

The forestry course for the Wuerttemberg state forest service was transferred from the University of Tübingen to the Academy for Agriculture at Hohenheim in 1825, but this was reversed in 1881. G. FRANZ blamed the socio-professional arrogance of the foresters, but the real reason for this more was that it conformed to the general trend of the time in forestry teaching in Germany.

E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *L'enseignement forestier à l'Académie agronomique d'Hohenheim et son transfert à Tübingen en 1881.*

En 1825, l'enseignement forestier destiné aux candidats désirant entrer dans le corps d'Etat du Wurtemberg fut transféré à l'Université agronomique d'Hohenheim. Il y resta jusqu'en 1881, date à laquelle il fit retour à l'Université de Tübingen.

Cette dernière modification ne résultait pas, ainsi que le pensait GUNTER FRANZ, d'une politique du corps forestier visant à dominer les agronomes, mais au contraire d'une tendance générale de l'évolution de l'enseignement forestier en Allemagne au 19ème siècle.

J. M.


**Schrifttumsverzeichnis**


1. Universität Hohenheim, Landwirtschaftliche Hochschule 1818 - 1968. Herausgegeben von GÜNTHER FRANZ, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1968. Darin als wichtigste Stücke: FRANZ, Die Geschichte der Universität (S. 11 - 160). RÖHM, Probleme der Gegenwart, Wege in die Zukunft (S. 161 - 242). — 2. Dazu auch: MANTEL und BOTTER: Die geschichtliche Entwicklung der forstwissenschaftlichen Ausbildung in Baden-Württemberg. In: Aus der Geschichte der Naturwissenschaften an der Universität Freiburg. Herausgegeben von E. ZENTGRAF, Freiburg 1957. Ferner: OTT, Die erste Forstdienstprüfung in Württemberg. AFJZ 135. Jahrgang, Heft 11. — 3. Hierzu und im folgenden auch: EBERTS: Die Neuordnung des forstlichen Hochschulwesens. Der Deutsche Forstwirt 1939/12/133 ff. — 4. GRANER: Forstgesetzgebung und Forstverwaltung. Tübingen 1892, S. 338. — 5. AUGUST BERNHARDT: Geschichte des Waldeigentums, der Waldwirtschaft und der Forstwissenschaft in Deutschland. 2. Band, S. 172 ff., 388. — 6. WIDENMANN: Geschichte der Forstlehranstalten Württembergs. In: Forstliche Blätter für Württemberg. Herausgegeben von WIDENMANN, V. Heft 1831, S. 1 ff. — 7. BERNHARDT: a. a. O. 2. Band S. 167. — 8. Monatsschrift für das Forst- und Jagdwesen. Herausgegeben von FRANZ BAUR, 1869 S. 2 ff., ohne Verfasser. — 9. Vortrag des Oberförsters MAGENAU VON SCHWANN bei der 4. Versammlung des Württ. Forstvereins in Backnang über „Welche Stellung nimmt der Verein zu der in der Kammer der Abgeordneten in letzter Zeit verhandelten Frage der Verlegung des forstlichen Unterrichts von der Akademie Hohenheim nach der Universität Tübingen ein?" 1879. — 10. Aus Württemberg: Die forstliche Unterrichtsfrage. AFJZ 1881, S. 56 ff. Ohne Verfasser. — 11. Näheres über GWINNER bei FRANZ S. 32, auch bei BERNHARDT a. a. O. 3. Band, S. 367. — 11a. FRANZ: a. a. O. S. 32. — 12. FRANZ: a. a. O. S. 81. — 13. HASEL: Aus der hundertjährigen Geschichte (1868 - 1968) der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen. AFJZ 1968/4, 5/77 ff. — 14. FRANZ: a. a. O. S. 78. — 15. Die Forstlehranstalt an der Akademie Hohenheim. Ohne Verfasser. AFJZ 1857, S. 70. — 16. Nördlinger Forstakademie Hohenheim, AFJZ 1855, S. 472. — 17. FRANK: Über Vereinigung von Forstlehranstalten mit den Universitäten. Denglers Monatsschrift für das Forst- und Jagdwesen 1865, S. 441. — 18. Erwiderung der Professoren NÖRDLINGER und FISCHBACH, daselbst 1866, S. 45. — 19. BAUR: Zur forstlichen Unterrichtsfrage, daselbst 1875, S. 49. — 20. BAUR: Bericht über das 50jährige Jubiläum der Land- und forstwirtschaftlichen Akademie Hohenheim, daselbst 1869, S. 2. — 21. Aus Württemberg: Die forstliche Unterrichtsfrage. AFJZ 1881, S. 56. — 22. LOREY in: Forstliche Blätter 1879, S. 160.


# Untersuchungen über die Baummerkmale und über den genetischen Einfluß auf das Wachstum bei frei erwachsenen Jungfichten

(Mit 6 Abbildungen und 12 Tabellen)


Von H. KRAMER, O.-J. SAETRE und J. LEONHARDT*)


## 1. Problemstellung

Die Frage nach dem geeigneten Pflanzverband für Fichtenkulturen wird seit einigen Jahren in ganz Europa von Wissenschaftlern und Praktikern sehr lebhaft diskutiert. Fast übereinstimmend sprechen sich die verschiedenen Autoren für eine Erweiterung der Pflanzverbände aus. Die Auswertung älterer und jüngerer Kulturversuche ergab, daß bei Fichte eine Vergrößerung des Verbandes nur gering die Gesamtmassen- und Qualitätsleistung beeinflußt; die weiteren Kulturverbände bringen erhebliche wirtschaftliche Vorteile und erhöhen gleichzeitig die Bestandessicherheit. Neue Gesichtspunkte bei der Beurteilung des Pflanzenverbandes entstehen nun einerseits bei Einführung der Grünästung von Fichte, andererseits durch neue Wirtschaftsziele im stadtnahen Erholungswald oder auf Standorten, die nur eine extensive Forstwirtschaft rechtfertigen. Dabei können u. a. folgende Fragen gestellt werden:

Wie groß ist der wirtschaftlichste Pflanzverband, wenn man infolge einer geplanten Grünästung keine Rücksicht auf eine natürliche Astreinigung zu nehmen braucht und infolge der Verwendung großer Ballenpflanzen keinen Ausfall durch Trockenheit, Unkrautkonkurrenz oder Wildverbiß zu befürchten hat?

Welchen Verband sollte man in extensiv zu bewirtschaftenden schneebruch- und rotwildgefährdeten Hochlagen wählen, um hier jede spätere Pflegemaßnahme (Läuterung und Durchforstung) zu vermeiden?

Bei welcher Bestandeshöhe dürfte sich bei dem jeweils gewählten Verband die Kultur zur Dickung schließen, und wie würde dann der Einzelbaum beschaffen sein? Wie ist also zu diesem Zeitpunkt die Kronenausbildung, der Brusthöhendurchmesser und die Aststärke der Fichte?

Wollte man zur Klärung dieser Fragen neue Kulturverbandsversuche anlegen, müßte man sehr lange auf die Beantwortung warten.

Ein Großteil des oben angeführten Fragenkomplexes befaßt sich mit dem ersten Lebensabschnitt des Bestandes. Dieses ist der Zeitraum von der Bestandesbegründung bis zum Schluß der Kultur. Während dieser Zeit wachsen die einzelnen Fichten noch ohne arteigene Konkurrenz heran. Dank des vollen Lichtgenusses sind sie voll bekront. Erst wenn sich die Pflanzung zur Dickung schließt, beginnen die unteren Kronenäste abzusterben (4). Jetzt setzt eine Wuchshemmung des Einzelbaumes ein. Der Beginn dieses zweiten


*) Herrn Professor Dr. STERN und Herrn Professor Dr. HATTEMER danken wir für die freundliche Unterstützung bei der mathematisch-statistischen Bearbeitung unseres Zahlenmaterials.

Lebensabschnittes wird wesentlich von der Größe des Pflanzenabstandes bestimmt.

Das Wuchsverhalten der Fichten in dem ersten Lebensabschnitt kann nun auch ohne Anlage neuer Verbandsversuche ermittelt werden.

Hierzu wurden im Laufe des Jahres 1968 im Kauffunger Wald bei Hann. Münden Stamm- und Kronenmaße freistehender Fichten untersucht. Diese Messungen sollten dazu dienen, Kennziffern für die Wuchseigenschaften im Einzelstand aufgewachsener Fichten zu finden und damit helfen, einen Teil der oben angeschnittenen Fragen zu beantworten. Zusätzlich wurden bei einem Fichtenstecklingsquartier im Forstamt Escherode*) die genetischen Einflüsse auf das Wachstum freistehender Fichten geprüft.

## 2. Untersuchungen in Fichtenkulturen

### 2.1. *Untersuchungsmaterial*

Während der Monate März und April 1968 wurden im Staatl. Forstamt Kattenbühl*) und im Stadtforstamt Hann. Münden*) 121 Fichten aufgenommen. Die Höhe der Bäume lag zwischen 1,80 und 10,0 m. Die Fichten sollten in einem locker bis licht geschlossenen Jungbestand ohne arteigene Konkurrenz erwachsen sein.

Der Standort der untersuchten Bäume ist kennzeichnend für große Teile des Weserberglandes: 400 bis 425 m über NN, mittel- bis tiefgründiger, humoser, frischer Buntsandsteinverwitterungsboden ($s_{m2}$), mittlerer Jahresniederschlag: 740 mm, mittlerer Niederschlag in der Vegetationszeit: 367 mm, mittlere Temperatur in der Vegetationszeit: 15,7°.

Im einzelnen wurden an allen Bäumen folgende Merkmale ermittelt:

1) Baumhöhe
2) Brusthöhendurchmesser
3) Kronenansatz = erster Astquirl mit mindestens drei grünen Ästen
4) Kronenlänge
5) mittlerer Kronendurchmesser
6) mittlerer und maximaler Astdurchmesser in 1,3 m Höhe, gemessen am Stamm.

Bei der statistischen Auswertung des Materials erwies sich die Korrelation der verschiedenen Kennziffern zur Baumhöhe am günstigsten.

Zunächst wurden die Korrelationen zwischen Brusthöhendurchmesser, Kronendurchmesser, Kronenlänge und Kronenmantelfläche einerseits und der Baumhöhe andererseits berechnet. Dann wurden die Beziehungen zwischen der Aststärke und anderen Baummaßen untersucht.

### 2.2. *Beziehung zwischen Brusthöhendurchmesser und Baumhöhe*

Um den Grad des Zusammenhangs der beiden veränderlichen Größen, Brusthöhendurchmesser (y) und Höhe (x), zu prüfen, wurde der Korrelationskoeffizient im Anhalt an MUDRA (13) nach der Formel:

$$r = \frac{Sp_{xy}}{\sqrt{SQ_x \cdot SQ_y}} \quad \text{berechnet, wobei}$$

$$Sp_{xy} = \Sigma x_i y_i - \frac{\Sigma x_i \cdot \Sigma y_i}{N} \quad \text{ist.}$$

Der Korrelationskoeffizient beträgt

$$r = 0{,}934.$$

Der Korrelationskoeffizient liegt sehr nahe dem Maximalwert 1,0 und drückt damit aus, daß bei den frei erwachsenen Fichten eine sehr enge Korrelation zwischen Brusthöhendurchmesser und Höhe besteht.

Die in Abbildung 1 über die Baumhöhe dargestellten Durchmesserwerte konnten durch eine Regressionsgerade ausgeglichen werden.

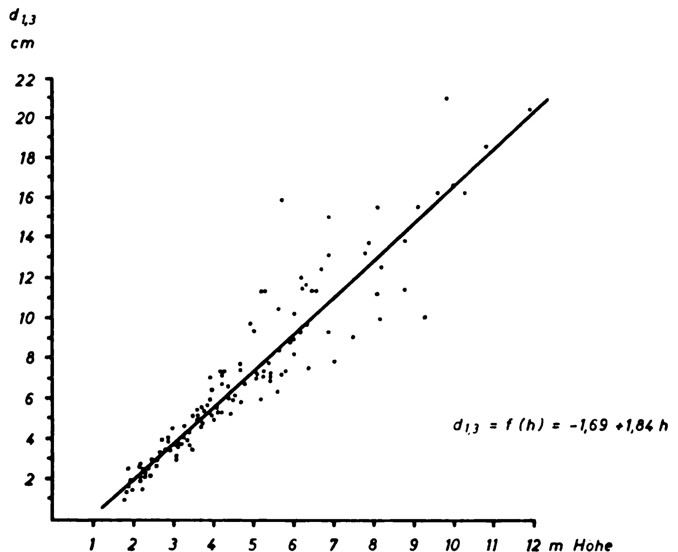



Abb. 1
Brusthöhendurchmesser frei erwachsener Fichten in Abhängigkeit von der Baumhöhe.

Die Funktion der Ausgleichsgeraden lautet

$$d_{1,3} = f(h) = -1{,}69 + 1{,}84\ h.$$

Die mittlere quadratische Abweichung der Einzelwerte um die Ausgleichskurve wurde nach der Formel

$S_a^2 = (1 - r^2)\ S_y^2$ berechnet und beträgt

$S_a^2 = 2{,}3185$.

Die Standardabweichung lautet danach

$S_a = \pm\ 1{,}5427$ oder, bezogen auf den arithmetischen Mitteldurchmesser ($\bar{y}$) $\frac{S_a}{\bar{y}} \cdot 100 = \pm\ 21{,}42\ \%$.

Die Sicherheit der Beziehung im mittleren Bereich wurde berechnet

$$S_b = \pm \frac{S_a}{\sqrt{N}} = \pm\ 0{,}14024.$$

Der mittlere prozentuale Fehler der Ausgleichsgeraden beträgt somit

$S_b\ \% = \pm\ 1{,}9\ \%$.

### 2.3. *Beziehung zwischen Kronenbreite zur Baumhöhe*

In Abbildung 2 sind die Kronendurchmesser (= Kronenbreite = b) in Abhängigkeit von der Höhe dargestellt. Die Korrelation dieser Größen wurde durch Errechnung des Korrelationskoeffizienten überprüft.

Der Korrelationskoeffizient $r = 0{,}890$ deutet auf einen straffen Zusammenhang von Kronenbreite und Höhe der im Einzelstand aufgewachsenen Fichten hin.

Bei Berechnung der Ausgleichskurve wurde zunächst eine lineare Abhängigkeit unterstellt. Die Funktion für die Kronenbreite lautet dann b = f (h) = 0,72 + 0,366 h.

Die Linearität wurde anschließend durch einen einfachen Varianztest geprüft, wobei das Gesamtmaterial in 1 m = Höhenstufen aufgeteilt wurde. Der Test ergab, daß die ermittelte Abweichung von 0,74 nicht signifikant ist und somit die Annahme einer linearen Regression zutrifft.

---

*) Den Herren Forstmeister Dr. KLEINSCHMIT, Professor Dr. VOLKERT und Oberforstmeister REUSS danken wir an dieser Stelle für ihre Unterstützung unserer Untersuchung.

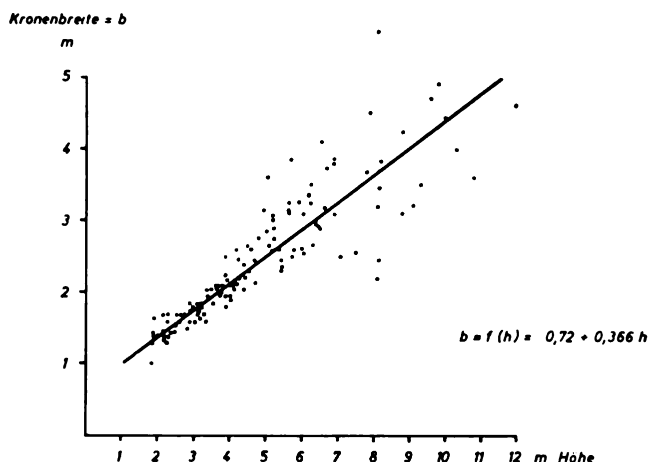



Abb. 2
Beziehung zwischen Kronenbreite und Baumhöhe frei erwachsener Fichten.

Die Standardabweichung der Einzelwerte um die Ausgleichsgerade wurde mit $S_a = \pm 0{,}4075$ oder bezogen auf die arithmetische Mittelhöhe ($\bar{y}$) mit $\frac{S_a \cdot 100}{\bar{y}} = \pm 16{,}37\,\%$ ermittelt.

Der mittlere Fehler der Ausgleichsgeraden beträgt:

$$S_b = \frac{S_a}{\sqrt{N}} = \pm 0{,}037 \text{ oder } \pm 1{,}2\,\%.$$

2.4. *Beziehung zwischen Kronenlänge und Baumhöhe*

Aus Abbildung 3 ist bereits zu erkennen, daß bei den freistehenden Bäumen eine sehr enge Beziehung zwischen Kronenlänge und Baumhöhe besteht.

Der Korrelationskoeffizient wurde berechnet mit $r = 0{,}994$ und bestätigt somit den erwarteten, sehr straffen Zusammenhang zwischen diesen beiden Kennziffern.

Die Formel für die Ausgleichsgerade lautet:

$$\text{Kronenlänge} = l = f(h) = -0{,}15 + 0{,}96\, h.$$

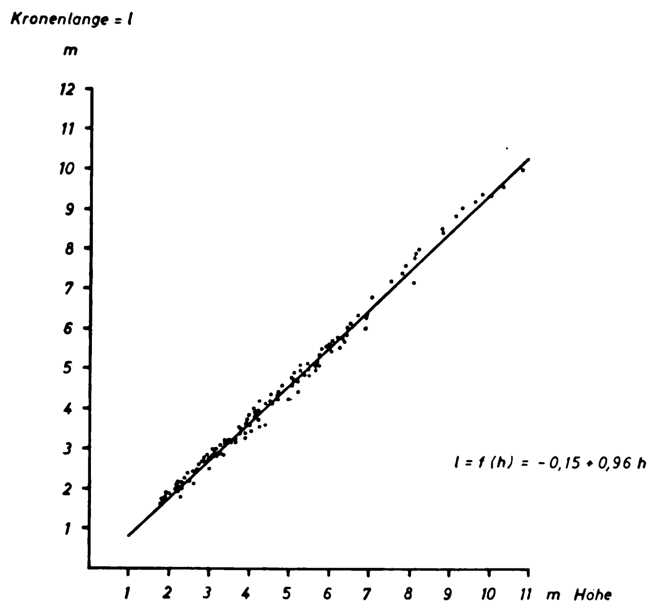



Abb. 3
Beziehung zwischen Kronenlänge und Baumhöhe frei erwachsener Fichten.

Die Streuung der Einzelwerte um die Ausgleichskurve ist auffallend gering. Die Standardabweichung ist

$$S_a = \pm 0{,}2443 \text{ oder } \pm 5{,}43\,\%,$$

der mittlere Fehler der Ausgleichsgeraden

$$S_b = \pm 0{,}0218 \text{ oder } \pm 0{,}49\,\%.$$

2.5. *Beziehung zwischen Kronenmantelfläche und Baumhöhe*

Von den verschiedenen Bestandesmerkmalen ist die Kronenmantelfläche am besten geeignet, die Zuwachsverhältnisse verschieden stark durchforsteter Fichtenbestände einzuschätzen (6). So erschien es besonders wertvoll, für die frei erwachsenen Fichten auch dieses Kronenmerkmal zu ermitteln. Die Kronenmantelfläche der Fichten entspricht der Oberfläche eines Paraboloides. Um die Berechnung der Mantelfläche zu erleichtern, wurde einer Empfehlung Assmanns folgend, die Formel für Mantelflächen von gleichseitigen Kegeln als Näherungsformel verwendet.

$$M = \frac{\pi}{4}\, b \sqrt{4l^2 + b^2} \quad \text{oder umgewandelt}$$

$$M = \pi\, r \sqrt{l^2 + r^2}.$$

Hierbei bedeutet l die Kronenlänge, b die Kronenbreite; b = 2 r.

Die Beziehung zwischen Kronenmantelfläche und Baumhöhe wurde in Abbildung 4 dargestellt. Zur Aufstellung dieser Kurve wurden die Kronenmantelflächen mit Hilfe der bereits ermittelten Beziehungen zwischen den einzelnen Kronenmerkmalen und der Baumhöhe berechnet. Aus den graphischen Darstellungen der Abbildungen 2 und 3 wurden für die gegebene Baumhöhe jeweils die dazugehörenden Werte für Kronenlänge und Kronenbreite entnommen.

2.6. *Beziehung zwischen Aststärke und anderen Baummaßen*

Ein wichtiges Kriterium für die Holzqualität der Fichte ist die Aststärke. Als Argument gegen weite Verbände wird häufig angeführt, daß der größere Pflanzabstand zu Starkästigkeit führt.

Verschiedene Untersuchungen, besonders die Arbeiten von Nylinder (14) ergaben, daß mit größer werdendem Pflanzverband die Aststärke in 1,3 m deutlich zunimmt. So war zum Beispiel beim Kulturversuch im Omberg (Südschweden) der mittlere Astdurchmesser in 1,5 m Höhe beim 2 x 2 m-Verband 3,9 mm stärker als beim 1,5 x 1,5 m-Verband. Mit zunehmender Höhe verliert sich jedoch dieser Stärkenunterschied weitgehend, da die Lebensdauer der Äste in den höheren Stammregionen mehr von der späteren Behandlung (Läuterung und Durchforstung) als vom Ausgangsverband abhängt. Im Beispiel Omberg betrug die Differenz der Aststärke bei den beiden Verbänden in 3 m Höhe nur noch 1,5 mm und in 5 m Höhe sogar nur 0,6 mm.

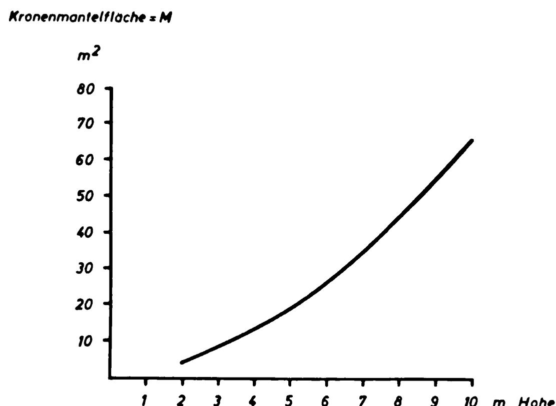



Abb. 4
Beziehung zwischen Kronenmantelfläche und Baumhöhe frei erwachsener Fichten.

Dieses macht auch deutlich, daß der Einfluß des Pflanzverbandes auf die Aststärke der Fichten am sichersten zum Zeitpunkt des Dickungsschlusses eines Jungbestandes festzustellen ist. Die weitere Kronenausbildung wird dann mehr durch die folgende Bestandesbehandlung als durch die Anfangsstammzahl bestimmt.

Bei dieser Studie wurde die Aststärke in 1,3 m Höhe gemessen, bei einer Höhe also, bei der sich bei den Kulturversuchen der unterschiedliche Pflanzabstand am stärksten ausgewirkt hat. Da zwischen den Kronenmaßen (Kronenlänge und Kronenbreite) und der Baumhöhe ein straffer Zusammenhang besteht, lag die Vermutung nahe, daß gleichfalls zwischen der Aststärke und der Höhe solitär erwachsener Fichten eine enge Korrelation existiert.

Zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen Aststärke und Baumhöhe wurde der Korrelationskoeffizient berechnet. Er beträgt

$$r = 0{,}140.$$

Der Korrelationskoeffizient liegt nahe dem Wert $r = 0$; hieraus ist zu schließen, daß keine oder nur eine sehr schwache Korrelation zwischen den beiden Merkmalen besteht. Dieses wird durch Berechnung von $S_y^2$ und $S_a^2$ bestätigt. $S_y^2$ ist hierbei die mittlere quadratische Abweichung sämtlicher Aststärken um das arithmetische Mittel der Aststärken ($\bar{y}$); $S_a^2$ ist die mittlere quadratische Abweichung der Aststärkenwerte um die Ausgleichsgerade.

$$S_y^2 = 0{,}438$$
$$S_a^2 = 0{,}402$$

Da $S_y^2$ annähernd $S_a^2$ ist, können wir im Anhalt an PRODAN (15) folgern, daß ein statistischer Zusammenhang zwischen Aststärke und Baumhöhe ganz oder so gut wie ganz fehlt.

Die verschiedenen mathematisch-statistischen Tests konnten somit keinen gesicherten Zusammenhang zwischen Baumhöhe und Aststärke bei frei erwachsenen Bäumen nachweisen. Da der Standort der untersuchten Fichten verhältnismäßig einheitlich ist und auch die Wuchsraumbedingungen der Bäume (keine Konkurrenz durch Nachbarbäume) sich entsprechen, ist zu vermuten, daß die unterschiedliche Aststärke genetisch bedingt ist.

Um festzustellen, ob zwischen der Aststärke und irgendeinem anderen Baummerkmal eine Beziehung besteht, wurde der Zusammenhang zwischen mittlerem Astdurchmesser in 1,3 m Höhe und dem Brusthöhendurchmesser der Fichten geprüft. Der Korrelationskoeffizient wurde mit

$$r = 0{,}913$$

errechnet; er machte deutlich, daß ein sehr straffer Zusammenhang zwischen diesen beiden Baummerkmalen besteht.

In Abbildung 5 sind die Werte für die mittlere Aststärke über den entsprechenden Brusthöhendurchmessern aufgetragen.

Für den Ausgleich der Punktwolke bot sich eine Parabel zweiter Ordnung an. Die Berechnung der Formel

$$y = a + b\,x + cx^2$$

nach der Methode der kleinsten Quadrate (3) ergab

$$c = \frac{\Sigma x^2y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma xy \cdot \Sigma x^3}{\Sigma x^4 \cdot \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x^2)^3}{N} - (\Sigma x^3)^2} = 0{,}0003$$

$$b = \frac{\Sigma xy - c\,\Sigma x^3}{\Sigma x^2} = 0{,}196$$

$$a = -c \cdot \frac{\Sigma x^2}{N} = 0{,}02094.$$

Die Formel für die Ausgleichskurve lautet somit:

$$y = 0{,}02094 + 0{,}196\,x + 0{,}0003\,x^2$$

oder wenn die Aststärke mit $a_{1,3}$ und der Brusthöhendurchmesser mit $d_{1,3}$ bezeichnet werden:

$$a_{1,3} = 0{,}02094 + 0{,}196\,d_{1,3} + 0{,}0003\,d_{1,3}^2$$

Die mittlere quadratische Abweichung der Einzelwerte um die Kurve wurde berechnet mit

$Sa^2 = 0{,}0681$ und die Standardabweichung mit

$Sa = \pm\, 0{,}261$ oder $S_a\,\% = \pm\, 16{,}3\,\%$.

Der mittlere Fehler der Kurve beträgt im Zentralbereich (68 % der Werte) nur ± 0,4 %.

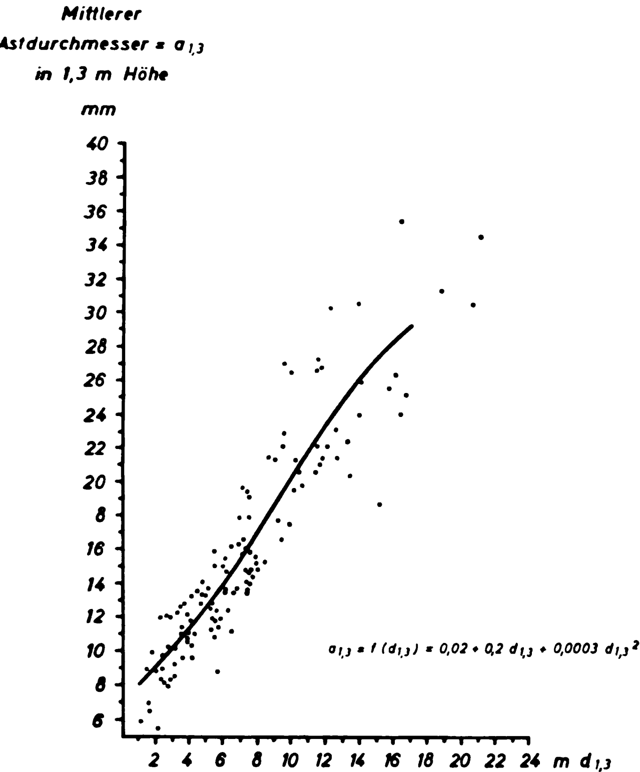



Abb. 5

Beziehung zwischen mittlerem Astdurchmesser in 1,3 m Baumhöhe und dem Baumdurchmesser in 1,3 m Höhe bei frei erwachsenen Fichten.

### 3. Genetische Einflüsse auf das Wachstum frei erwachsener Fichten

#### 3.1. *Allgemeines und Untersuchungsmaterial*

Für viele Baumarten — so auch für Fichte — ist der genetische Einfluß auf Wuchsleistung, Qualität und Resistenz nachgewiesen worden. Die Untersuchungen von MRÁČEK (7, 12) zur Frage des Pflanzverbandes in Fichtenkulturen ergab, daß der Einfluß der Ausgangsstammzahl auf die Qualität des Fichtenholzes sehr gering ist. Demnach wird die Aststärke offenbar viel stärker von anderen Faktoren, wie z. B. vom Standort und der genetischen Veranlagung der Bäume, beeinflußt.

Wie bereits oben erwähnt, zeigten unsere Untersuchungen an freistehend erwachsenen Fichten im Kauffunger Wald, daß kein signifikanter Zusammenhang zwischen Aststärke und Baumhöhe besteht. Bei Fichten gleicher Höhe, die auf gleichem Standort und ohne Konkurrenz durch Nachbarbäume aufgewachsen waren, konnten unterschiedliche Aststärken festgestellt werden. Die Fichten des Kauffunger Waldes sind nicht autochthon; sie stammen höchstwahrscheinlich aus verschiedenen Herkünften mit entsprechend großen Unterschieden in ihrer genetischen Veranlagung. Es liegt somit die Vermutung nahe, daß der fehlende Zusammenhang zwischen Aststärke und Baumhöhe durch die zu erwartende große Streuung der genetischen Veranlagung zu erklären ist.

Zur Klärung dieser Frage wurden am Beispiel eines Fichtenstecklingsversuchs im Forstamt Escherode (Kauffunger Wald) die genetisch bedingten Wachstumsunterschiede von Fichten einer Bestandespopulation untersucht. Hierbei sollte insbesondere geprüft werden, ob die Aststärke bei Fichte genetisch beeinflußt wird.

**Tabelle 1**
**Baummerkmale verschiedener gleichalter Fichtenklone**

| Lfd. Nr. | Klon | $\bar{h}$ | $\bar{d}_{1,3}$ cm | Kronen-breite m | Kronen-länge m | durchschn. mittl. Aststärke ($\bar{a}_m$) mm | rel. mittl. Aststärke $\frac{\bar{a}_m \cdot 1000}{\bar{h}}$ | durchschn. maxim. Aststärke ($\bar{a}_{max}$) mm | rel. max. Aststärke $\frac{\bar{a}_{max} \cdot 1000}{\bar{h}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | F | 8,00 | 11,80 | 3,75 | 7,7 | 23,56 | 2,9 | 25,54 | 3,2 |
| 2 | I | 7,43 | 11,63 | 2,99 | 7,2 | 22,69 | 3,1 | 24,17 | 3,3 |
| 3 | A | 6,66 | 11,16 | 3,61 | 6,3 | 24,35 | 3,7 | 26,97 | 4,1 |
| 4 | C | 6,25 | 12,03 | 3,24 | 6,0 | 22,13 | 3,5 | 23,20 | 3,7 |
| 5 | D | 6,23 | 10,90 | 3,29 | 5,9 | 20,73 | 3,3 | 21,57 | 3,5 |
| 6 | G | 5,75 | 8,03 | 3,41 | 5,5 | 19,63 | 3,4 | 21,30 | 3,7 |
| 7 | K | 5.03 | 6,75 | 2,61 | 4,8 | 17,03 | 3,4 | 18,15 | 3,6 |

*Beschreibung der Versuchsfläche*

*Forstamt Escherode,* Abteilung 56 $a_2$.
*Standortsbeschreibung:* 350 m über NN. Eben bis schwach nach NW geneigt, vergrast mit Drahtschmiele, Pfeifengras, Beerkraut, Frauenhaarmoos, Torfmoos, Binse, Himbeere, Straußgras und Honiggras. Der Boden besteht aus wechselfeuchtem, nährstoffschwächerem, schluffig feinsandigem Lehm (aus Löß und Buntsandstein) über undurchlässigem Untergrund; Freilagen stärker vernässend. Mittlerer Jahresniederschlag: 700 - 900 mm, mittlere Jahrestemperatur: 7,6 °C.

Gemessen wurden 7 Fichtenklone mit je vier Bäumen (Klon 7 nur 3 Bäume). Die Klone wurden 1957 im 4-m-Quadrat-Verband gepflanzt. Die Pflanzen bestanden aus Stecklingen, die sämtlich aus einem seinerzeit 22jährigen Fichtenbestand des Forstamts Escherode geworben waren. Die Klone entstammen somit einer Population gleichalter Fichten. Die auf gleichem Standort, bisher ohne Konkurrenz durch Nachbarbäume erwachsenen Fichten zeigen zwischen den einzelnen Klonen deutliche Unterschiede im Höhen- und Stärkenzuwachs.

Die Bäume wurden den Angaben in Abschnitt 21 entsprechend im Oktober 1968 aufgenommen.

### 3.2. *Ergebnisse*

In Tabelle 1 sind für die einzelnen Klone die Mittelwerte für Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser, Kronenbreite, Kronenlänge, durchschnittliche und maximale Aststärke angegeben. Die Klone sind nach ihrer durchschnittlichen Baumhöhe geordnet.

Aus der Tabelle ist zunächst zu entnehmen, daß die Wuchsleistung der Klone einer Bestandespopulation sehr stark differiert. Der bestwüchsigste Klon F ist 3 m (bzw. 60 %) höher als der schlechtwüchsigste Klon K. Die Mittelwerte für Brusthöhendurchmesser, Kronenbreite und Kronenlänge der Klone nehmen deutlich mit steigender Mittelhöhe zu. Es scheint hier eine von den genetischen Eigenschaften der Klone unabhängige Beziehung zwischen diesen Baummaßen und der Baumhöhe zu bestehen (lediglich beim Brusthöhendurchmesser des Klons C ist eine Abweichung dieser Gesetzmäßigkeit zu beobachten). Auch die mittlere und maximale Aststärke ist i. a. bei den höheren Klonen größer als bei den schwachwüchsigen. Deutlich weichen jedoch einige Klone von der allgemeinen „Gesetzmäßigkeit" ab. Um das Verhältnis von Aststärke zu Baumhöhe deutlicher zu machen, wurde in der Tabelle die „relative Aststärke" $\frac{(\bar{a}_m \cdot 1000)}{\bar{h}}$ angegeben. Aus dieser Aufstellung ist zu erkennen, daß z. B. der Klon A besonders starkästig ist, während die Bäume des wüchsigsten Klones F relativ feinästig sind. Wegen der geringen Anzahl der Bäume innerhalb der Klone konnten mit Hilfe des t-Testes keine gesicherten Differenzen zwischen den Mittelwerten der Aststärke von Klonen mit annähernd gleicher Mittelhöhe festgestellt werden.

### 3.3. *Kovarianzanalysen*

Da offenbar eine Korrelation zwischen Aststärke und Baumdurchmesser (bzw. Baumhöhe) und außerdem ein überlagernder genetischer Einfluß auf die Aststärke existiert, bot es sich an, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren mit Hilfe einer Kovarianzanalyse (20) zu untersuchen.

#### 3.3.1. Kovarianzanalyse Nr. 1

Mit Hilfe der ersten Kovarianzanalyse sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1) Bewirken die 7 verschiedenen Klone Differenzen zwischen dem Brusthöhendurchmesser in den Stichproben von je 4 Bäumen?
2) Verursachen die 7 verschiedenen Klone Differenzen zwischen den Aststärken in diesen Stichproben?
3) Sind diese Klonunterschiede in den Aststärken durch die klonweise verschiedenen Brusthöhendurchmesser bedingt?

Beim Rechengang wird der Brusthöhendurchmesser ($d_{1,3}$) mit x und die mittlere Aststärke in Brusthöhe mit y bezeichnet.

Die erste Frage wird durch eine Varianzanalyse berechnet. Die Berechnung im Anhalt an E. WEBER ergibt:

$$\text{Korrekturglied x} = \frac{(\Sigma x)^2}{N} = 3037{,}9614$$

$$(SQ)_x \text{ insgesamt} = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N} = 103{,}5386$$

$$(SQ)_x \text{ Klone} = \frac{(\Sigma x_1)^2 + (\Sigma x_2)^2 + \dots (\Sigma x_n)^2}{n} - \frac{(\Sigma x)^2}{N}$$
$$= 78{,}0386.$$

**Tabelle 2**
**Varianzanalyse X (Brusthöhendurchmesser)**

| Variabilität | SQ | FG | MQ |
|---|---|---|---|
| Klone | 78,0386 | 6 | 13,0064 |
| Innerhalb der Klone von je 4 Bäumen | 25,5000 | 20 | 1,2750 |
| Insgesamt | 103,5386 | 26 | |

Mit Hilfe des F-Testes wird die Differenz zwischen den Mitteldurchmessern geprüft.

$$F = \frac{\text{MQ Klone}}{\text{MQ innerhalb der Klone}} = \frac{13{,}0064}{1{,}2750} = 10{,}2020$$

Die Tafel der F-Verteilung ergibt

F 0,01 bei FG 6; 20 = 3,87.

Die Differenz zwischen dem Brusthöhendurchmesser der Klone ist somit hoch signifikant.

Für die Varianzanalyse Y wurde berechnet:

$$\text{Korrekturglied } y = \frac{(\Sigma y)^2}{N} = 123{,}0934$$

$$(SQ)_y \text{ insgesamt} = \Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{N} = 2{,}2645$$

$$(SQ)_y \text{ Klone} = \frac{(\Sigma y_1)^2 + (\Sigma y_2)^2 + \ldots (\Sigma y_n)^2}{n} - \frac{(\Sigma y)^2}{N}$$

$$= 1{,}4623.$$

Tabelle 3

**Varianzanalyse Y (Aststärke)**

| Variabilität | SQ | FG | MQ |
|---|---|---|---|
| Klone | 1,4623 | 6 | 0,2437 |
| Innerhalb der Klone von je 4 Bäumen | 0,8022 | 20 | 0,0401 |
| Insgesamt | 2,2645 | 26 | |

$$F = \frac{\text{MQ Klone}}{\text{MQ innerhalb der Klone}} = \frac{0{,}2437}{0{,}0401} = 6{,}077$$

F 0,01 bei FG 6; 20 = 3,87.

Die Differenz zwischen den mittleren Aststärken der verschiedenen Klone ist hoch signifikant. Die Frage 2 ist somit positiv beantwortet.

Auf Grund dieses Ergebnisses kann die dritte Frage nur mittels einer Kovarianzanalyse geklärt werden.

Zur Ermittlung der Regressions- und Korrelationskoeffizienten werden zunächst die Summen der Produkte (SP) und die Summen der Produkte der Abweichungen (SPA) berechnet.

$$\text{Korrekturglied } xy = \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{N} = 611{,}5170$$

$$(SP)xy \text{ insgesamt} = 622{,}871$$

$$(SP)xy \text{ Klone} = \frac{\Sigma x_1 \cdot \Sigma y_1 + \Sigma x_2 \cdot y_2 + \ldots \Sigma x_n \cdot \Sigma y_n}{n}$$

$$= 620{,}7932.$$

*Summe der Produkte der Abweichungen*

$$(SPA) \text{ insgesamt} = \Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{N} = 11{,}3540$$

$$(SPA) \text{ Klone} = \frac{(SP)_{xy} \text{ Klone}}{n} - \frac{S_x \cdot \Sigma y}{N} = 9{,}2762$$

$$(SPA) \text{ Rest} = 2{,}0778$$

Die bisher berechneten Variationsmöglichkeiten werden in einer Übersicht zusammengestellt.

Tabelle 4

| Variationsursache | $(SQ)_x$ | $(SQ)_y$ | $(SPA)_{xy}$ | FG |
|---|---|---|---|---|
| Klone | 78,0386 | 1,4623 | 9,2762 | 6 |
| Innerhalb der Klone (Zufall) | 25,5000 | 0,8022 | 2,0778 | 20 |
| Insgesamt | 103,5386 | 2,2645 | 11,3540 | 26 |

Durch den Regressionskoeffizienten (b) wird angegeben, inwieweit die Aststärke (y) vom Durchmesser der Bäume (x) abhängt.

$$b = \frac{(SPA)xy \text{ innerhalb d. Klone}}{(SQ)x \text{ innerhalb d. Klone}} = \frac{2{,}0778}{25{,}5000} = 0{,}0815$$

Um die Verschiedenheit des Anfangszustandes (verschiedene Brusthöhendurchmesser) auszuschalten, wird die Regressionsgerade $Y = \bar{y} + b\,(x - \bar{x})$ als Bezugsmaßstab verwendet. Die Summe der Abweichungsquadrate von der Regressionsgeraden ($d^2\, y \cdot x$) wird im Anhalt an Erna Weber errechnet.

Tabelle 5

**Zerlegung von $d^2_{y.x}$**

| Abweichung von der Regressionsgeraden | $d^2_{y.x}$ | FG | MQ |
|---|---|---|---|
| Innerhalb der Klone | 0,6329 | 19 | 0,0333 |
| Klone | 0,3865 | 6 | 0,0644 |
| Insgesamt | 1,0194 | 25 | |

Zur Prüfung der Signifikanz wird der F-Test verwendet.

$$F = \frac{\text{MQ Klone}}{\text{MQ innerhalb der Klone}} = \frac{0{,}0644}{0{,}0333} = 1{,}93.$$

Die Tafel der F-Verteilung gibt für F folgende Werte an:

F 0,01 bei FG 6; 19 = 3,94

F 0,05 bei FG 6; 19 = 2,63.

F ist also nicht signifikant. Hieraus kann man schließen: Nachdem die Aststärken auf eine gemeinsame Basis der Brusthöhendurchmesser bezogen sind, besteht zwischen den Aststärken der verschiedenen Klone keine signifikante Differenz. Das bedeutet, daß bei Unterstellung eines gleichen Brusthöhendurchmessers kein genetisch beeinflußter Unterschied der Aststärken besteht.

Durch folgende Variabilitätszerlegung (Tabelle 6) soll überprüft werden, wie sich die Korrektur durch Verwendung der linearen Regression auswirkt.

Tabelle 6

**Variabilitätszerlegung für die Aststärke**

| Variabilität | $SQ_y$ | FG | MQ |
|---|---|---|---|
| Innerhalb der Klone Unkorrigierte Unterschiede | $\Sigma\,(y_i - \bar{y})$ 0,8022 | 20 | 0,0401 |
| Reduktion veranlaßt durch lineare Regression | 0,1693 | 1 | 0,1693 |
| Innerhalb der Klone (Rest) | 0,6329 | 19 | 0,0333 |

Die bei der Varianzanalyse Y errechnete MQ innerhalb der Klone von 0,0401 sinkt nach Reduktion der SQ, die von der linearen Regression herrühren, auf 0,0333

$$F = \frac{\text{MQ (Red. veranlaßt durch lineare Regr.)}}{\text{MQ (innerhalb der Klone, Rest)}} = \frac{0{,}1693}{0{,}0333} = 5{,}08.$$

Da F 0,05 bei FG 1;19 = 4,38 ist, können wir feststellen, daß die Reduktion der SQ, die durch die lineare Regression veranlaßt ist, signifikant ist. Das beinhaltet, daß der Regressionskoeffizient b signifikant ist.

Diese beiden letzten Zerlegungen bestätigen die in Abschnitt 2.6. getroffene Feststellung, daß zwischen Aststärke in 1,3 m Höhe und dem Brusthöhendurchmesser ein straffer Zusammenhang besteht.

*Das Ergebnis dieser Kovarianzanalyse kann — zugleich in Beantwortung der oben gestellten Fragen — zusammengefaßt werden. Zwischen den Brusthöhendurchmessern der verschiedenen Fichtenklone einer Bestandespopulation wurden hoch signifikante Differenzen festgestellt. Ebenso ist die Differenz zwischen den mittleren Aststärken der verschiedenen Klone hochsignifikant. Die unterschiedliche Aststärke ist durch die verschiedenen Brusthöhendurchmesser bedingt. Die Regression zwischen Aststärke und Baumdurchmesser ist signifikant. Bei Unterstellung eines gleichen Brusthöhendurchmessers besteht kein genetisch beeinflußter Unterschied der Aststärken.*

#### 3.3.2. Kovarianzanalyse Nr. 2

Die zweite Kovarianzanalyse soll Antwort auf folgende Fragen geben:

1) Verursachen die 7 verschiedenen Klone Differenzen zwischen den Baumhöhen in den Stichproben von je 4 Bäumen?
2) Verursachen die 7 verschiedenen Klone Differenzen zwischen den Aststärken in diesen Stichproben?
3) Besteht ein genetischer Einfluß auf die Aststärke bei Unterstellung gleicher Baumhöhe?

Bei dieser Kovarianzanalyse wird die Baumhöhe mit x und die Aststärke in 1,3 m Höhe mit y bezeichnet.

Die Frage 1 wird mit Hilfe einer Varianzanalyse beantwortet.

$$\text{Korrekturglied } x = \frac{(\Sigma x)^2}{N} = 1113{,}6133$$

$$SQ_x \text{ insgesamt} = 29{,}2117$$

$$SQ \text{ Klone} = 21{,}7129.$$

Tabelle 7

**Varianzanalyse X (Baumhöhe)**

| Variabilität | SQ | FG | MQ |
|---|---|---|---|
| Klone | 21,7129 | 6 | 3,6188 |
| Innerhalb der Klone von je 4 Bäumen | 7,4988 | 20 | 0,3749 |
| Insgesamt | 29,2117 | 26 | |

$$F = \frac{\text{MQ (Klone)}}{\text{MQ (innerhalb der Klone)}} = \frac{3{,}6188}{0{,}3749} = 9{,}6527.$$

Da F 0,01 bei FG 6;20 = 3,87 ist, weist der F-Test eine hochsignifikante Differenz zwischen den Baumhöhen der verschiedenen Klone nach.

Die Frage 2 wurde bereits bei der Kovarianzanalyse 1 positiv beantwortet.

Die Frage 3 wird mit Hilfe einer Kovarianzanalyse gelöst. Hierzu wird entsprechend dem Rechengang in Abschnitt 331 die Summe der Produkte der Abweichungen $(SPA)_{xy}$ berechnet. Diese Werte werden zusammen mit den bisher berechneten Variationsmöglichkeiten in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8

| Variationsursache | $(SQ)_x$ | $(SQ)_y$ | $(SPA)_{xy}$ | FG |
|---|---|---|---|---|
| Klone | 21,7129 | 1,463 | 4,7665 | 6 |
| Innerhalb der Klone (Zufall) | 7,4988 | 0,802 | 0,7949 | 20 |
| Insgesamt | 29,2117 | 2,265 | 5,5614 | 26 |

Der Regressionskoeffizient (b) gibt an, inwieweit die Aststärke (Y) von der Baumhöhe (X) abhängt.

$$b = \frac{0{,}7949}{7{,}4988} = 0{,}1060$$

Zur Ausschaltung der Unterschiede des Anfangszustandes (unterschiedliche Baumhöhen) beziehen wir uns auf die Regressionsgerade $Y = \bar{y} - b\,(x - \bar{x})$.

Die Summe der Abweichungsquadrate von der Regressionsgeraden $d^2\, y \cdot x$ werden in Tabelle 9 zerlegt.

Tabelle 9

**Zerlegung von $d^2{}_{y.x}$**

| Abweichung von der Regressionsgeraden | $d^2y.x$ | FG | MQ |
|---|---|---|---|
| Innerhalb der Klone | 0,7355 | 19 | 0,0387 |
| Klone | 0,5386 | 6 | 0,0898 |
| Insgesamt | 1,2741 | 25 | |

Die Signifikanz wird mit Hilfe des F-Testes geprüft.

$$F = \frac{0{,}0898}{0{,}0387} = 2{,}32$$

Nach der Tafel der F-Verteilung ist F 0,05 bei FG 6;19 = 2,63. F ist also nicht signifikant. Der Abstand des errechneten F-Wertes (2,32) zu dem eine Signifikanz ausdrückenden F-Wert (F 0,05 = 2,63) ist aber nur gering. Er beträgt 0,31, während der entsprechende Abstand bei der Kovarianzanalyse 1 0,70, also mehr als doppelt so groß war. Daraus ist zu folgern: Nachdem die Aststärken auf eine gemeinsame Basis der Baumhöhen bezogen sind, ist die verbleibende Differenz zwischen den Aststärken der Klone nicht mehr signifikant. Infolge der geringen Anzahl der Freiheitsgrade (zu wenig Klone und vor allem zu wenig Bäume bei den einzelnen Klonen) ist der erwartete genetische (Klon) Einfluß auf die Aststärke bei Unterstellung gleicher Baumhöhe nicht gesichert nachzuweisen. Da jedoch der Abstand des ermittelten F-Wertes zu dem von F 0,05 weniger als halb so groß ist als der bei der Kovarianzanalyse 1, kann man folgern, daß bei Wahl der Baumhöhe als unabhängige Variable eher ein genetischer Einfluß auf die Aststärke nachzuweisen ist, als bei Wahl des Brusthöhendurchmessers.

Um zu überprüfen, wie sich die Korrektur durch Verwendung der linearen Regression auf die Variabilität der Aststärke auswirkt, wurde folgende Zerlegung vorgenommen:

Tabelle 10

| Variabilität | $SQ_y$ | FG | MQ |
|---|---|---|---|
| Innerhalb der Klone, unkorrigierte Unterschiede | 0,8022 | 20 | 0,0401 |
| Reduktion, veranlaßt durch lineare Regression | 0,0665 | 1 | 0,0665 |
| Innerhalb der Klone (Rest) | 0,7357 | 19 | 0,0387 |

Nach durch die lineare Regression veranlaßter Reduktion von SQ sinkt MQ von 0,0401 auf 0,0387.

$$F = \frac{\text{MQ (Reduktion, veranlaßt d. lineare Regr.)}}{\text{MQ (Innerhalb der Klone, Rest)}}$$

$$F = \frac{0{,}06650}{0{,}03871} = 1{,}72$$

F 0,05 bei FG 1;19 = 4,38.

Somit ist die Reduktion der SQ, die von der linearen Regression herrührt, nicht signifikant. Das bedeutet also, daß auch der Regressionskoeffizient nicht signifikant ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen in den Fichtenkulturen (s. Abschnitt 26) werden hiermit bestätigt. Ferner kann man auf Grund dieser fehlenden Signifikanz vermuten, daß ein Teil der Restvarianz auf Klonvarianzen, also auf genetische Einflüsse, zurückzuführen ist.

*Die Ergebnisse der zweiten Kovarianzanalyse können zusammengefaßt werden:*

*Die verschiedenen Fichtenklone einer Bestandespopulation haben hoch gesicherte Differenzen ihrer Baumhöhen. Infolge der geringen Anzahl der Freiheitsgerade kann der Einfluß der verschiedenen Klone auf die Abhängigkeit der Aststärke von der Baumhöhe zwar nicht gesichert nachgewiesen werden, die verschiedenen statistischen Tests ergeben jedoch, daß die Aststärke bei gleicher Baumhöhe weit mehr genetisch beeinflußt wird als die Aststärke bei gleichem Brusthöhendurchmesser. Fichten gleicher Höhe können demnach mit hoher Wahrscheinlichkeit infolge ihrer verschiedenen genetischen Veranlagung unterschiedliche Aststärken haben. Zwischen Aststärke und Baumhöhe besteht keine gesicherte Regression.*

## 4. Diskussion der Ergebnisse

### 4.1. *Die Baummaße zum Zeitpunkt des Dickungsschlusses*

Die Untersuchung in den Forstkulturen (Abschnitt 2) ergibt, daß bei frei erwachsenen Fichten ein sehr straffer Zusammenhang zwischen Baumhöhe einerseits und dem Brusthöhendurchmesser und den Kronenmaßen (Kronenlänge und Kronenbreite) andererseits besteht. Offenbar genetisch bedingt zeigt die Aststärke keine Abhängigkeit von der Baumhöhe. Sie hat jedoch eine hoch gesicherte Beziehung zum Brusthöhendurchmesser der Bäume. Diese Untersuchungsergebnisse werden durch die Aufnahme und Auswertung der Fichtenstecklingsversuchsfläche im wesentlichen bestätigt.

Bei Kenntnis dieser Zusammenhänge kann man — zumindest für den untersuchten Standort — wichtige Schlüsse über die Eigenschaften der im Quadratverband gepflanzten Bäume zum Zeitpunkt des Schlusses der Kultur zur Dickung ziehen. Diesen Zeitpunkt kann man nun auf zweierlei Weise festlegen. Zunächst bietet sich an, den Moment festzuhalten, bei dem die Kronen der Fichten sich zuerst berühren. Er wird dann erreicht, wenn die mittlere Kronenbreite gleich dem Pflanzabstand ist:

$$b_1 = \sqrt{\frac{10\,000}{n}}$$

In dieser Gleichung bedeutet $b_1$ die mittlere Kronenbreite bei „erster Berührung" und n die Pflanzenzahl je ha. Im Folgenden soll diese Phase als „Zeitpunkt der ersten Kronenberührung" bezeichnet werden.

Es bleibt jedoch zu überlegen, ob eine merkbare Konkurrenz zwischen den Nachbarbäumen bereits in diesem Stadium oder erst später bei einer gewissen Verzahnung der benachbarten Kronen auftritt. Als „Zeitpunkt der mittleren Kronenberührung" bestimmen wir die Phase, wenn die projezierte Kronenkreisfläche gleich dem Wuchsraum der Pflanzen (= 10.000 : Pflanzenzahl je ha) ist:

$$\frac{\pi\, b_2^2}{4} = \frac{10.000}{n}$$

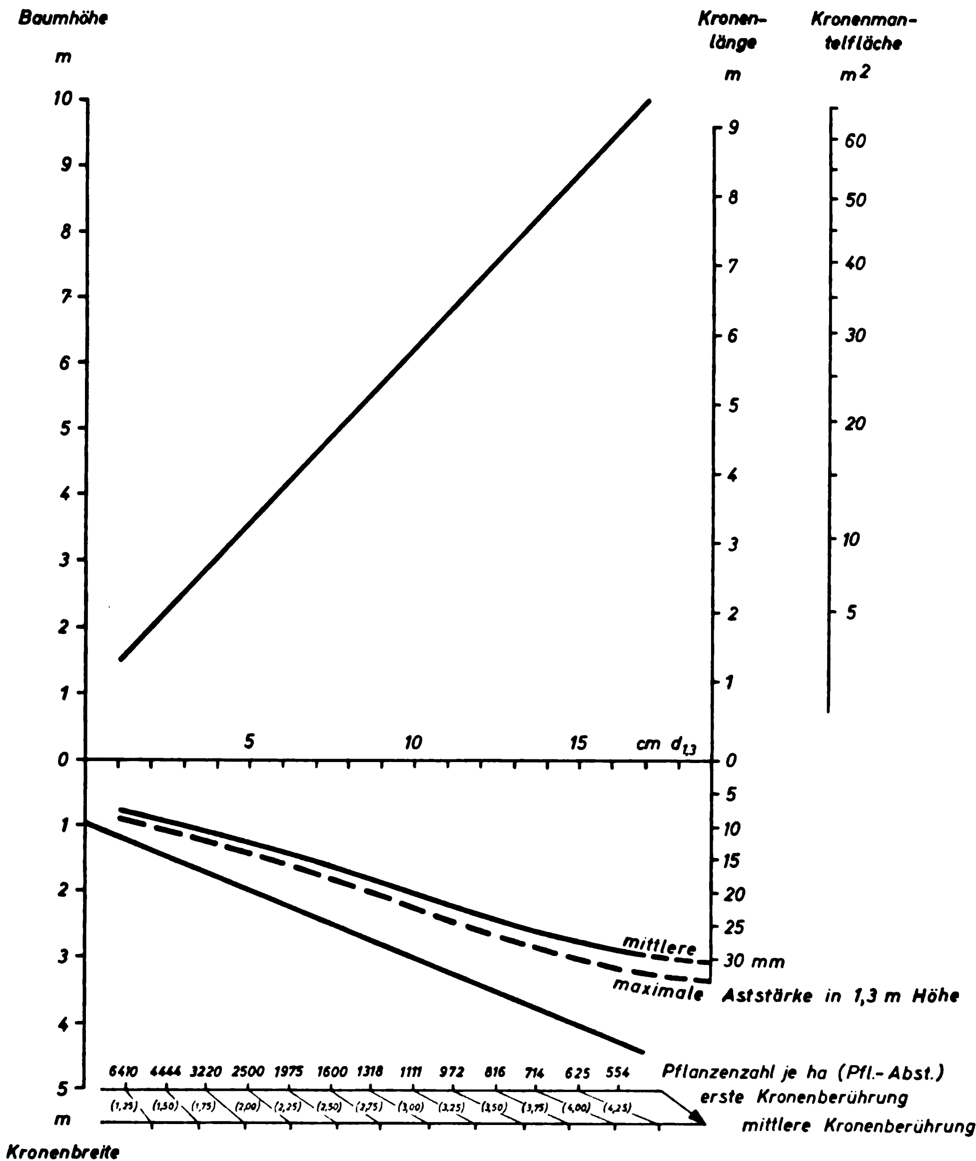



Abb. 6

Gegenseitige Abhängigkeit zwischen den verschiedenen Baummaßen (Baumhöhe, Kronenlänge, Kronenmantelfläche, Kronenbreite, mittlere und maximale Aststärke) frei erwachsener Fichten, sowie die Werte dieser Baummaße bei erster und mittlerer Kronenberührung in Abhängigkeit vom Ausgangsverband / Pflanzenzahl je ha.

Mit $b_2$ wird hierbei die Kronenbreite bei „mittlerer Berührung" bezeichnet. Die mittlere Kronenbreite zum Zeitpunkt der mittleren Kronenberührung ist dann

$$b_2 = \sqrt{\frac{10.000}{n}} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi}} = \frac{200}{\sqrt{n \cdot \pi}}$$

Die Gleichung $b_2$ kann mit Hilfe der Formel $b_1$ umgeformt werden

$$b_2 = b_1 \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} = 1{,}13 \cdot b_1$$

In Abbildung 6 sind nun die verschiedenen Baummaße frei erwachsener Fichten in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit dargestellt. Zusätzlich ist in diesem Schaubild der Zeitpunkt der ersten und mittleren Kronenberührung in Abhängigkeit von der Ausgangspflanzenzahl eingetragen; für diese Darstellung wurde ein Quadratverband unterstellt.

Mit Hilfe dieses Schaubildes können verschiedene Fragen beantwortet werden, die bei der Suche nach dem geeigneten Pflanzverband gestellt werden müssen.

Für jeden gewünschten, quadratischen Pflanzenverband bzw. jede gewünschte Pflanzenzahl je ha kann man aus der Darstellung entnehmen, wie die Bäume bei der ersten oder bei der mittleren Kronenberührung beschaffen sind. Fordert man andererseits bestimmte Baumeigenschaften zum Zeitpunkt des Schlusses der Kultur zur Dickung, kann man den hierfür erforderlichen Pflanzenabstand bei der Bestandesbegründung ermitteln.

### 4.2. *Beginn der Wuchshemmung des Einzelbaumes in Abhängigkeit vom Pflanzverband*

Unterstellt man, daß bei erster, spätestens aber bei mittlerer Kronenberührung, eine spürbare Konkurrenz der Nachbarbäume auftritt, gibt das Graphikon für die verschiedenen Verbände die mittlere Baumhöhe an, bei der eine Wuchshemmung des Einzelbaumes beginnt. In diesem Stadium müßte dann eine sinnvolle Läuterung bzw. Stammzahlreduzierung einsetzen. Hierzu ein Beispiel:

Wir können aus der Darstellung entnehmen, daß bei dem sehr verbreiteten 1,5 x 1,5 m-Verband (also bei einer Pflanzenzahl von 4444 je ha) die mittlere Baumhöhe im Stadium der ersten Kronenberührung 2,30 m und im Stadium der mittleren Kronenberührung 2,80 m beträgt. Hieraus wäre also zu folgern, daß bei diesem Verband Wuchshemmungen bei einer Baumhöhe zwischen 2,30 und 2,80 m auftreten.

Diese Unterstellung kann an früheren Untersuchungen geprüft werden. Wie an anderer Stelle (6) berichtet, war im Forstamt Osterode/Harz, Abt. 136 c, eine im 1,5 x 1,5 m-Verband begründeten Fichtenkultur teilweise durch Entnahme jeder 2. Reihe geläutert, als die Kultur erst eine Mittelhöhe von 1,30 m hatte. Der Standort der Fläche kann wie folgt beschrieben werden:

250 m über NN, 40 - 50 cm Lößlehm über Verwitterungsboden von basenarmen Deluvialschotter, Durchschnittstemperatur Mai — September T. v. S. 19,2 °C, im Jahr 7,6 °C, Niederschlag Mai — September 420 mm, im Jahr 910 mm.

Durch Höhenanalysen an den frühzeitig geläuterten und an den dicht aufgewachsenen Fichten, konnte das Stadium der ersten gesicherten Wuchshemmung im 1,5 x 1,5 m-Verband festgestellt werden. Danach trat die erste signifikante Differenz beim Höhenzuwachs auf, nachdem die unbehandelte Kultur eine arithmetische Mittelhöhe von 2,30 m erreicht. Als die O-Fläche eine Mittelhöhe von 2,77 m hatte, war ihre Differenz zur Mittelhöhe der frühzeitig geläuterten Kultur gesichert.

Trotz eines unterschiedlichen Standortes stimmen diese Daten erstaunlich gut mit denen des Modells überein.

Mit Hilfe des Graphikons kann man also relativ genau bestimmen, bei welcher Bestandesmittelhöhe der Bestandesschluß erzielt wird. Damit kann man angeben, wenn eine Stammzahlreduzierung erforderlich ist, um eine Wuchshemmung der Bäume ganz zu vermeiden. Hierzu lesen wir aus der Darstellung für die Ausgangspflanzenzahl bei den Spalten erste und mittlere Kronenberührung jeweils die mittlere Baumhöhe ab. Danach wäre die erste Läuterung erforderlich

| bei einem Verband von | bei einer Baumhöhe von |
|---|---|
| 1,25 x 1,25 m | 1,50 bis 2,10 m |
| 1,50 x 1,50 m | 2,30 bis 2,80 m |
| 1,75 x 1,75 m | 2,90 bis 3,60 m |
| 2,00 x 2,00 m | 3,60 bis 4,30 m |
| 2,50 x 2,50 m | 5,00 bis 5,80 m |
| 3,00 x 3,00 m | 6,30 bis 7,30 m |
| 3,50 x 3,50 m | 7,60 bis 8,80 m |
| 4,00 x 4,00 m | 9,00 bis 10,30 m |

In den stammzahlarmen Kulturen wird man jedoch im allgemeinen auf eine Läuterung ganz verzichten. Hier wird man eine geringe Wuchshemmung des Einzelbaumes in Kauf nehmen und die erste Stammzahlreduzierung dann vornehmen, wenn der Baumdurchmesser bereits eine Nutzung rentabel macht.

### 4.3. *Aststärke, Zeitpunkt und Höhe der ersten Grünästung*

Ein weiteres, vom Ausgangsverband abhängiges Kriterium, ist die Aststärke beim Bestandesschluß. Bei Beständen, die später nicht geästet werden, sollte die durchschnittliche maximale Aststärke bei mittlerer Kronenberührung 20 mm (2) nicht überschreiten. Aus der Darstellung ist zu entnehmen, daß selbst ein Verband von 2,50 x 2,50 m diese Bedingung noch erfüllt. Bei diesem Ausgangsverband mit 1.600 Fichten je ha haben die Bäume bei der ersten Berührung eine maximale Aststärke von 17 mm und bei mittlerer Berührung eine von 20 mm. Man könnte hieraus die Folgerung ziehen: Auch bei Kulturbegründung mit besonders ausgewählten großen Ballenpflanzen sollte man nicht über den 2,5 x 2,5 m-Verband hinausgehen, um Fichten normaler Qualität zu erzielen *).

Das Bild verändert sich, wenn eine Grünästung vorgesehen ist. Diese Grünästung sollte durchgeführt werden, wenn der zu ästende Baum einen Brusthöhendurchmesser von etwa 10 cm bis 13 cm hat. Es sollte auf jeden Fall sichergestellt sein, daß der asthaltige, innere Stammbereich nicht mehr als 1/3 des Baumdurchmessers bei der Endnutzung des Bestandes beträgt (5). Nach SCHULZ (19) ist dann über die Hälfte des anfallenden Schnittholzes beim Stammholz der Stärkeklassen 3 und 4 völlig astrein.

Bei der Grünästung sollten nur Äste der unteren Schattenkrone entfernt werden. Nach neueren ertragskundlichen Untersuchungen (9, 10, 11, 21) können Zuwachsverluste vermieden werden, wenn lediglich 20 - 25 % der Kronenlänge von unten aufgeästet werden.

Fichten, die ohne Konkurrenz der Nachbarbäume erwachsen sind, haben bei einem Brusthöhendurchmesser von 10 cm eine Baumhöhe von 6,40 m und eine Kronenlänge von 5,90 m. Um Zuwachseinbußen zu vermeiden, dürfte man in diesem Stadium maximal 1,50 m (= 25 %) der grünen Krone aufästen. Die gesamte Ästungshöhe wäre damit 2,00 m. Die erste Berührung haben diese 6,40 m hohen, frei erwachsenen Fichten, wenn sie im 3-m-Quadrat-Verband gepflanzt sind. Wir wollen nun unterstellen, daß die Fichten auch bis zur mittleren Kronenberührung keine wesentliche Wuchshemmung erleiden. In diesem Falle hätte der im 3 x 3 m-Verband begründete Fichtenbestand (1.111 Pflanzen je ha) beim Kronenschluß einen Brusthöhendurchmesser von 11,9 cm und eine Baumhöhe von 7,40 m. Die durchschnittliche Kronenlänge würde 6,90 m betragen. Entfernen wir in diesem Fall 25 %

*) Vor einer Verallgemeinerung sollte man sich hierbei jedoch hüten, da die Aststärke der Fichten offenbar durch ihre genetischen Eigenschaften und den Standort sehr beeinflußt wird und die Aststärken in den höheren Baumabschnitten von der späteren Bestandesbehandlung abhängig sind.

der Kronenlänge, also 1,70 m, würde die gesamte Ästungshöhe 2,20 m betragen.

Der weiteste Pflanzverband für eine Fichtenplantage wäre auf Grund dieser Überlegungen der 3,25 x 3,25 m-Verband mit einer Pflanzenzahl von 972 Stück je ha. Bei diesem Ausgangsverband erreichen die Fichten zum Zeitpunkt des mittleren Kronenschlusses einen Brusthöhendurchmesser von 13,4 cm und eine Baumhöhe von 8,25 m. Bei einer Kronenlänge von 7,60 m könnte die Krone bei der Grünästung um 1,90 m gekürzt werden. Damit könnte eine Ästungshöhe von etwa 2,50 m (genau 2,35 m) erzielt werden.

Verwendet man bei Anlage einer „Fichtenplantage" Stammzahlen, wie man sie etwa für das Bestandesalter von 50 Jahren anstrebt, müssen auch die übrigen Voraussetzungen für eine „pappelartige Wirtschaft" gegeben sein: Das Pflanzmaterial muß aus vegetativ vermehrten Elitefichten bestehen; die Fichten müssen als große Ballenpflanzen gepflanzt werden, so daß mit Ausfällen durch biotische und abiotische Schäden praktisch nicht zu rechnen ist.

### 4.4. *Die Gültigkeit der Modelle für andere Verhältnisse*

Das hier vorgeführte Modell hat nur einen begrenzten Aussagewert. So gilt es zunächst nur für im Quadratverband gepflanzte, generativ vermehrte Fichten und nur für die untersuchten Standorte. Um zu prüfen, inwieweit das Modell darüber hinaus auch für andere Standorte, andere Weit-Verbände und auch für vegetativ vermehrte Fichten verwendet werden kann, wurden einige Tests durchgeführt.

Hierzu wurden zunächst die Daten der frühzeitigen Reihenläuterung des oben erwähnten Osteroder Versuchs mit den entsprechenden Werten des Modells verglichen (s. Tab. 11). Die Osteroder Versuchsfläche unterscheidet sich sowohl im Standort als auch im Verband (3 x 1,5 m) von dem für die Modellaufstellung verwendeten Untersuchungsmaterial.

Bei gleicher Mittelhöhe stimmen die Daten der Harzer Fläche erstaunlich gut mit den Werten des Modells überein. Die — allerdings nicht signifikanten — geringfügigen Differenzen der Baummaße können u. a. durch den Einfluß des engeren Pflanzabstandes in der Reihe verursacht sein.

Als weiteren Test wurden die Mittelwerte der einzelnen Fichtenklone und die Mittelwerte des gesamten Stecklingsquartiers in Abteilung 58 (Forstamt Escherode) mit den entsprechenden Daten des Modells verglichen.

Aus der Übersicht entnehmen wir, daß die Mittelwerte des gesamten Stecklingsversuchs sehr gut mit den entsprechenden Daten des Modells übereinstimmen. Auch die Baummaße der einzelnen Klone entsprechen relativ gut dem Modell. Die Abweichungen sind v. a. durch den sehr geringen Umfang der Stichproben (4 Bäume je Klon) zu erklären. Daneben treten aber bei einzelnen Klonen höchstwahrscheinlich genetisch bedingte Abweichungen beim Brusthöhendurchmesser, bei der Kronenbreite und bei der Aststärke auf.

Wir können also feststellen, daß das für generativ vermehrte Fichten entwickelte Modell offenbar auch für eine Population vegetativ vermehrter Fichten gilt. Unter dieser Voraussetzung erscheint das Modell geeignet, die spezifischen Wuchseigenschaften einzelner Klone zu testen.

Es wäre wünschenswert, wenn die Aussagefähigkeit dieses Modells noch an weiteren Beispielen überprüft werden könnte. Gegen seine praktische Anwendung auf ähnlichen Standorten in den Hauptfichtenanbaugebieten Niedersachsens (Weserbergland und Harz) bestehen jedoch keine Bedenken.

Tabelle 11
**Vergleich der Baummaße eines weiten Fichtenreihenverbandes mit den Daten des Modells**

| | $\bar{h}$ m | $\bar{d}_{1,3}$ cm | mittlere Kronenlänge m | mittlerer Astdurchm. mm |
|---|---|---|---|---|
| Osterode Fi. 14j. 3 x 1,5 m | 4,85 | 7,0 | 4,23 | 15,6 |
| Modell | 4,85 | 7,2 | 4,53 | 15,9 |

## 5. Zusammenfassung

Bei Diskussion des Pflanzverbandes treten laufend neue Gesichtspunkte auf, die u. a. durch Einführung der Grünästung, durch Verwendung großer Ballenpflanzung und durch neue Wirtschaftsziele für extensive Forstwirtschaft auf forstlichen Grenzstandorten bedingt sind. Um die hiermit ständig neu auftretenden Fragen beantworten zu können, ohne neue Kulturverbandsversuche anlegen zu müssen, wurde das Wuchsverhalten der Fichten in ihrem ersten Lebensabschnitt von der Bestandesbegründung bis zum Schluß der Kultur zur Dickung untersucht.

Tabelle 12
**Vergleich der Baummaße der Fichtenstecklinge mit den Daten des Modells**

| | | Gesamt | A | C | D | F | G | I | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{h}$ | a) Stecklinge | 6,5 m | 6,7 m | 6,3 m | 6,2 m | 8,0 m | 5,8 m | 7,4 m | 5,0 m |
| | b) Modell | 6,5 m | 6,7 m | 6,3 m | 6,2 m | 8,0 m | 5,8 m | 7,4 m | 5,0 m |
| | c) % a : b | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| $d_{1,3}$ | a) Stecklinge | 10,7 cm | 11,2 cm | 12,0 cm | 10,9 cm | 11,8 cm | 10,5 cm | 11,6 cm | 6,6 cm |
| | b) Modell | 10,3 cm | 10,6 cm | 9,8 cm | 9,7 cm | 13,0 cm | 8,9 cm | 11,9 cm | 7,4 cm |
| | c) % a : b | 104 % | 106 % | 122 % | 112 % | 91 % | 118 % | 97 % | 89 % |
| Kronenbreite | a) Stecklinge | 3,3 m | 3,6 m | 3,2 m | 3,3 m | 3,8 m | 3,4 m | 3,0 m | 2,6 m |
| | b) Modell | 3,1 m | 3,2 m | 3,0 m | 3,0 m | 3,6 m | 2,8 m | 3,4 m | 2,5 m |
| | c) % a : b | 106 % | 113 % | 103 % | 110 % | 105 % | 121 % | 88 % | 104 % |
| Kronenlänge | a) Stecklinge | 6,2 m | 6,3 m | 6,0 m | 5,9 m | 7,7 m | 5,5 m | 7,2 m | 4,8 m |
| | b) Modell | 6,1 m | 6,3 m | 5,9 m | 5,8 m | 7,5 m | 5,4 m | 6,9 m | 4,6 m |
| | c) % a : b | 102 % | 100 % | 102 % | 102 % | 103 % | 102 % | 104 % | 104 % |
| mittlere Aststärke | a) Stecklinge | 2,1 cm | 2,4 cm | 2,2 cm | 2,1 cm | 2,4 cm | 2,0 cm | 2,3 cm | 1,7 cm |
| | b) Modell | 2,1 cm | 2,1 cm | 2,0 cm | 2,0 cm | 2,5 cm | 1,9 cm | 2,4 cm | 1,6 cm |
| | c) % a : b | 100 % | 114 % | 110 % | 105 % | 96 % | 105 % | 96 % | 106 % |

Im Kauffunger Wald bei Hann. Münden wurden an 121 frei erwachsenen Jungfichten mit Höhen zwischen 1,80 und 10,00 m die Beziehungen zwischen den einzelnen Baummerkmalen (Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser, Kronenbreite, Kronenlänge und Astdurchmesser in 1,3 m Höhe) ermittelt. Hierbei konnten sehr enge Korrelationen zwischen Brusthöhendurchmesser, Kronenbreite und Kronenlänge einerseits und der Baumhöhe andererseits nachgewiesen werden. Zwischen Aststärke und Baumhöhe konnte kein gesicherter Zusammenhang festgestellt werden. Dagegen besteht eine enge Korrelation zwischen dem mittleren Astdurchmesser in 1,3 m Baumhöhe und dem Brusthöhendurchmesser.

Eine gesonderte Untersuchung in einem Fichtenstecklingsquartier, Pflanzung von 1957, im Forstamt Escherode (Kauffunger Wald) prüfte die genetischen Einflüsse auf das Wachstum frei erwachsener Fichten. Die sieben Klone, die aus einer Population eines seinerzeit 22jährigen Fichtenbestandes stammen, unterscheiden sich hochsignifikant in Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser und mittlerer Aststärke.

Es existiert kein bzw. nur ein geringer genetischer Einfluß auf die Aststärke bei gleichem Brusthöhendurchmesser. Nachdem die Aststärken der verschiedenen Klone auf eine gemeinsame Basis der Brusthöhendurchmesser bezogen wurden, bestand zwischen ihnen keine gesicherte Differenz. Infolge der geringen Anzahl von Klonen, insbesondere aber wegen der geringen Stückzahl (4 Bäume) innerhalb der Klone, konnte der vermutete genetische Einfluß auf die Aststärke bei gleicher Baumhöhe nicht gesichert nachgewiesen werden. Die verschiedenen mathematischen Tests zeigen aber deutlich, daß der Kloneinfluß auf die Aststärke gleich hoher Bäume erheblich größer ist als derjenige auf die Aststärke gleich starker Bäume. Auf Grund ihrer genetischen Veranlagung können also gleich hohe Bäume mit hoher Wahrscheinlichkeit unterschiedlich starke Äste haben.

Auf Grund der nachgewiesenen gegenseitigen Abhängigkeiten wurde ein Schaubild über die Baummaße von frei erwachsenen Fichten zum Zeitpunkt des Schlusses der Kultur zur Dickung entwickelt. Mit Hilfe dieser Darstellung kann man für jeden beliebigen Quadratverband ersehen, wie die Fichten bei erster und mittlerer Kronenberührung beschaffen sind. Hat der Waldbauer andererseits bestimmte Zielvorstellungen über die Baumeigenschaften zur Zeit des Dickungsschlusses, kann er mittels dieses Graphikons den hierfür erforderlichen Pflanzenverband bestimmen.

Im einzelnen kann mit Hilfe dieser graphischen Darstellung der Zeitpunkt des Beginns der Wuchshemmung des Einzelbaumes in Abhängigkeit vom Pflanzverband ermittelt werden. Die mit Hilfe dieses Modells theoretisch abgeleiteten Angaben entsprechen den früher durchgeführten Untersuchungen über den Beginn von Wuchshemmungen in ungeläuterten Fichtenjungbeständen.

Aus dem Graphikon kann ferner der Pflanzverband ermittelt werden, der ein Überschreiten der kritischen Aststärke von 20 mm verhindert. Es wurde festgestellt, daß auch bei Verwendung besonders ausgewählter und großer Ballenpflanzen die kritische Grenze bei einem Quadratverband von 2,50 x 2,50 m liegen dürfte. Bei diesem Ausgangsverband beträgt die durchschnittliche maximale Aststärke in 1,3 m Höhe bei erster Kronenberührung 17 mm, bei mittlerer Kronenberührung 20 mm. Weiterhin können aus dem Schaubild der Zeitpunkt und die Höhe der ersten Grünästung abgelesen werden.

Der Vergleich der Daten dieser Modelldarstellung mit den entsprechenden Werten eines Fichten-Läuterungsversuchs im Forstamt Osterode/Harz und den Mittelwerten der Fichtenstecklingsplantage im Forstamt Escherode ergab eine überraschend gute Übereinstimmung und erlaubt die Folgerung, daß die in dieser Untersuchung gewonnenen Werte für einen größeren Bereich Gültigkeit haben dürften. Darüber hinaus eignet sich das Modell, um die spezifischen Wuchseigenschaften einzelner Klone zu prüfen.

**Summary**

Title of the paper: *Tree Parameters and Genetical Influences in Free-Grown Young Norway Spruces.*

121 free-grown Norway spruces (H = 1.8 - 10.0 m) showed close correlations between tree height and the parameters breast height diameter, crown diameter and crown length. Branch diameter at b. h. ist closely correlated to stem diameter at b. h.

7 clones in a free-grown stand of 22 yrs Norway spruce showed highly significant differences in tree height, breast height diameter and mean branch diameter. Several tests indicated with high probability different branch diameters for trees of same height but different clone.

A diagram demonstrates the mutual interrelationships between tree height, crown length, diameter and surface, breast height diameter and mean and mximum branch diameter at the time of crown closure in dependence on initial spacing. The model has been tested with data from the Harz and Kauffunger forests.

E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Recherches sur les caractéristiques dendrométriques et sur l'influence génétique vis à vis de la croissance chez de jeunes épicéas croissant sans se concurrencer.*

Dans la forêt de Kauffung (sud de la Basse-Saxe) on a étudié sur 121 jeunes épicéas croissant sans se concurrencer et ayant des hauteurs comprises entre 1,80 m et 10 m, quelles étaient les relations entre les principales caractéristiques dendrométriques des arbres. On a ainsi montré qu'il existait des corrélations très étroites entre le diamètre à 1,30 m, la largeur et la longueur de la couronne d'une part et la hauteur de l'arbre d'autre part. En outre, il y a une étroite corrélation entre la grosseur des branches à 1,30 m et le diamètre de l'arbre mesuré à la même hauteur.

L'influence génétique sur la croissance d'épicéas ne se concurrençant pas fut étudiée sur 7 clones; ceux-ci avaient été obtenus à partir de la population constituée par un peuplement de la circonscription forestière d'Escherode qui était âgé de 22 ans. Ces clones issus d'une population se différencient d'une manière hautement significative en ce qui concerne la hauteur, le diamètre à 1,30 m et la grosseur moyenne des branches. Divers tests ont montré, avec une très grande probabilité, que des arbres ayant la même hauteur présentaient des différences en ce qui concerne la grosseur des branches, ceci en relation avec leur patrimoine génétique.

Suivant l'espacement initial à la plantation, on a établi graphiquement les corrélations entre hauteur, longueur largeur et surface de la couronne, diamètre à hauteur d'homme, grosseur moyenne et maximale des branches pour des épicéas ayant crû sans se concurrencer en se plaçant au moment où les couronnes se rejoignent (fermeture du couvert). Les résultats obtenus avec ce modèle ont pu être vérifiés avec les donnés recueillies dans les parcelles d'expériences du Harz et de la forêt de Kauffung.

J. M.

**Literatur**

1. Assmann, E.: Waldertragskunde, München 1961. — 2. Bernhart, E.: Untersuchungen über die Ästigkeit von Fichten an dem Bayerischen Wald. Mitt. a. d. Staatsforstverwaltung Bayerns, 1960. — 3. Hugershoff, R.: Ausgleichsrechnung, Kollektivmaßlehre und Korrelationsrechnung. Berlin 1940. — 4. Kramer, H.: Kronenaufbau und Kronenentwicklung gleichalter Pflanzbestände. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 1962. — 5. Ders.: Biologische Grenzen der Fichtenästung. Der Forst- und Holzwirt, 1963. — 6. Ders.: Zur Behandlung und Beurteilung junger Fichtenbestände. Allgemeine Forstzeitschrift, 1968. — 7. Ders.: Zur Frage des Pflanzverbandes in Fichtenkulturen der Tschechoslowakei. Allgemeine Forstzeitschrift, 1969. — 8. Linder, A.: Statistische Methoden. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart, 1964. — 9. Meyer, H.: Der Einfluß von Kronenverkürzungen an Fichten der II. Altersklasse auf deren Höhen- und Stärkenwachstum. Archiv

Forstwes., 1959. — 10. Ders.: Auswertungsergebnis über Kronenkürzungen an Fichten nach Ablauf einer Zehnjahresperiode. Arch. Forstwes., 1968. — 11. Mitscherlich, G., u. v. Gadow, K.: Über den Zuwachsverlust bei der Astung von Nadelbäumen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 1968. — 12. Mracek, Z.: Vhodny spon hektarovy početvkulturach smrky; Dum techniky CSVTS Ceské Budejovice, 1968. — 13. Mudra, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Parey, Berlin und Hamburg, 1958. — 14. Nylinder, P.: Synspunkter pa produktioneas Kvalität. Skogen, 1958/59. — 15. Prodan, M.: Forstliche Biometrie, München 1961. — 16. Rohmeder, F., u. Schönbach, H.: Genetik und Züchtung der Waldbäume. Hamburg und Berlin, 1959. — 17. Saetre, O. J.: Untersuchungen über genetische Varianzen in einem Fichten-Stecklingsversuch. Seminararbeit, Hann. Münden, 1968/69. — 18. Saetre, O. J., u. Leonhardt, J.: Wuchseigenschaften solitär erwachsener Fichten. Seminararbeit, Hann. Münden, 1968/69. — 19. Schulz, H.: Die Beurteilung der Qualitätsentwicklung junger Bäume. — 20. Weber, E.: Grundriß der Biologischen Statistik. 6. Auflage, Stuttgart, 1967. — 21. Wilhelmi, Th.: Zur Zuwachsleistung der Fichte nach Grünästung. Der Forst- und Holzwirt, 1968.

# Kernfäule verursachende Pilze in Kiefernbeständen Baden-Württembergs

Aus der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Abteilung Phytopathologie in Wittental

(Mit 2 Tabellen)

Von S. Schönhar

## 1. Einleitung

In über 100 Jahre alten Kiefernbeständen (Pinus sylvestris) Südwestdeutschlands ist häufig ein erheblicher Kernfäulebefall zu beobachten. Die Krankheit weist verschiedene Erscheinungsbilder auf. Oft löst sich das Kernholz innerhalb mehrerer Jahrringe löcherig auf. In anderen Fällen dagegen zeigt der Holzkörper eine mehr oder weniger gleichmäßige hell-, dunkel- oder rotbraune Zersetzung. Gemeinsam ist diesen Kernfäulen, daß sie über die Wurzeln in den Stamm eindringen. Sie können mehrere Meter stammaufwärts fortschreiten und somit beträchtliche Holzverluste verursachen.

Obwohl in vielen Kiefernbeständen Baden-Württembergs durch Kernfäule große wirtschaftliche Schäden entstehen, wurde die Frage, welche Erreger an der Krankheit beteiligt sind, noch kaum untersucht. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag hierzu leisten. Um einen Überblick über das Vorkommen von Kernfäule verursachenden Pilzen an Kiefern zu bekommen, wurden in 3 Wuchsgebieten Baden-Württembergs, die sich klimatisch und geologisch unterscheiden, Erhebungen angestellt. Die Untersuchungen erstreckten sich auf das Oberrheintal, das Neckarland und den Odenwald.

## 2. Die Untersuchungsgebiete

Die Erhebungen im Oberrheintal wurden in der Landschaft zwischen Rastatt und Mannheim durchgeführt. Die Höhenlage über dem Meeresspiegel schwankt dort zwischen 90 und 130 m. Die durchschnittlichen mittleren Jahresniederschläge liegen im Süden bei etwa 900 mm und gehen im Norden bis auf 550 mm zurück. Das Klima ist sehr warm, das Jahresmittel liegt über 9 °C. Geologisch nimmt in der Oberrheinebene die Niederterrasse der Würmeiszeit flächenmäßig den größten Teil ein. Sie besteht aus Quarzsanden und Schottern. Alluviale Sedimente treten als Schlicke und Decklehme in Erscheinung.

Das im Neckarland ausgewählte Untersuchungsgebiet umfaßt den längs des Oberrheintals zwischen Schwarzwald und Odenwald liegenden Kraichgau und das südöstlich an den Odenwald angrenzende Bauland mit Taubergrund. Muschelkalk, Unterer Keuper und Löss sind in diesen Landschaften, deren Höhenlagen sich zwischen 150 und 450 m bewegen, die vorherrschenden geologischen Formationen. Die durchschnittlichen Jahresniederschläge liegen zwischen 600 und 850 mm. Sie sind am niedrigsten im Taubergrund und am höchsten an der Grenze zum Odenwald. Die mittleren Jahrestemperaturen schwanken zwischen 8 und 9,5 °C.

Vom Odenwald wurde dessen südöstlicher, vom Mittleren und Oberen Buntsandstein aufgebauter Teil in die Erhebungen einbezogen. Das sich etwa bis zu der Linie Heidelberg—Amorbach—Wertheim erstreckende Untersuchungsgebiet steigt von 150 m bis 600 m über dem Meeresspiegel an und empfängt durchschnittliche Jahresniederschläge zwischen 850 und 1000 mm. Seine mittleren Temperaturen schwanken zwischen 7 und 9 °C.

## 3. Auswahl der Bestände

Für die Untersuchungen wurden insgesamt 24 Kiefernbestände im Alter zwischen 120 und 160 Jahren ausgesucht. Es handelt sich hierbei durchweg um Mischbestände mit einem mehr oder weniger hohen Anteil an Buche. Vereinzelt sind noch andere Holzarten, wie Eiche, Hainbuche, Fichte und Lärche beigemischt.

Im Oberrheintal wurden 8 Bestände untersucht, die alle im Bereich der würmeiszeitlichen Hauptterrasse auf kiesigem Sand stocken. Infolge gehemmter Streuzersetzung ist der Mineralboden von einer 1 - 3 cm starken Moderauflage bedeckt. Der Oberboden besteht aus braunem anlehmigem Sand, der mehr oder weniger kiesige Bestandteile enthält. Der Untergrund, der in einer Tiefe von 50 - 80 cm ansteht, setzt sich überwiegend aus kiesigem Material zusammen. Sämtliche Böden weisen eine mäßig saure Reaktion auf, ihr Wasserhaushalt ist als mäßig trocken anzusprechen.

Die Erhebungen im Neckarland erstrecken sich auf 10 Bestände, die auf tiefgründigem Kalkverwitterungslehm stehen, der zum Teil von einer 10 - 30 cm mächtigen Feinlehmdecke überlagert ist. Den geologischen Untergrund bildet der Muschelkalk. Die Reaktion dieser Böden ist schwach sauer bis neutral. Sie weisen einen günstigen Humuszustand (Mull) auf und besitzen einen mäßig frischen bis frischen Wasserhaushalt.

Im Odenwald wurden 6 Bestände für die Untersuchungen herangezogen, die auf anlehmigem bis lehmigem Sand des Mittleren und Oberen Buntsandsteins in südlich exponierter Hanglage stocken. Die Böden reagieren stark sauer und sind von einer 2 - 5 cm dicken Moder- oder Rohhumusschicht bedeckt. Der rötlichbraune Mineralboden, der mehr oder weniger stark von Steinen durchsetzt ist, zeigt unter der Humusauflage meist deutliche Bleichflecken. Der Wasserhaushalt dieser Böden kann als mäßig trocken bezeichnet werden.

## 4. Isolierung der Pilze

Zur Ermittlung der Fäulepilze wurden von frisch-gehauenen kernfaulen Bäumen ca. 8 cm dicke Stammscheiben entnommen. Die Abtrennung der Proben erfolgte stets an Stellen, an denen das Holz schon deutliche Zersetzungserscheinungen zeigte, seine ursprüngliche Struktur jedoch noch weitgehend erhalten war. Voruntersuchungen hatten ergeben, daß stark faules Kiefernkernholz oft sekundär von saprophytischen Pilzen befallen ist, die eine Isolierung der Fäuleerreger erschweren oder sogar unmöglich machen. Aus jedem der Bestände wurde von 5 - 10 Bäumen, die sich gleichmäßig auf die 0,5 - 2 ha großen Probeflächen verteilten, Scheiben zur Analyse auf Pilzbefall abgeschnitten. Unmittelbar

nach der Entnahme wurden die Abschnitte in Zeitungspapier verpackt.

Im Labor wurden unter sterilen Bedingungen aus jeder Scheibe 5 - 10 faule Holzspäne mit dem Hohleisen herausgeschnitten und auf Malzagarsubstrat in Reagenzgläser gebracht. Die so beimpften Gläser wurden in einem Brutraum bei Temperaturen um 20 °C aufgestellt. Nach wenigen Tagen entwickelten sich Pilzmyzele, von denen durch mehrmaliges Überimpfen auf Malzagar Reinkulturen zur Artbestimmung hergestellt wurden.

Bei den an lebenden Bäumen auftretenden holzzerstörenden Pilzen handelt es sich erfahrungsgemäß fast ausschließlich um Basidiomyceten. Da diese unter Kulturbedingungen nur selten fruktifizieren, stößt ihre Bestimmung oft auf erhebliche Schwierigkeiten. Eine wesentliche Hilfe dabei leistet der von NOBLES (9) nach Myzelmerkmalen erarbeitete Bestimmungsschlüssel, der zahlreiche Basidiomyceten-Arten berücksichtigt. Außer diesem wurden zur Identifizierung der Holzzerstörer Vergleichskulturen benützt, die teils aus Fruchtkörpern erhalten und teils vom Centraalbureau voor Schimmelcultures in Holland bezogen worden waren. Auf diese Weise gelang es, die häufiger isolierten Basidiomyceten-Stämme zu bestimmen.

## 5. Die gefundenen Pilzarten

Aus den Kiefernbeständen wurden insgesamt 180 Stammscheiben zur Untersuchung entnommen. In sämtlichen Abschnitten konnten Pilze nachgewiesen werden. Es wurden 196 Pilzstämme isoliert, von denen 187 zu den Basidiomyceten und 9 zu den Ascomyceten bzw. Imperfecten gehören. 164 Proben enthielten je 1 Pilzart und 16 Abschnitte jeweils 2 Arten. Vertreter der Basidiomyceten kamen in 179 Scheiben vor. Sie verteilen sich auf 8 Arten, von denen 6 bestimmt werden konnten. Ascomyceten und Imperfecten gingen mit 4 Arten aus 8 Abschnitten hervor.

Die gefundenen Pilzarten sind in Tabelle 1 aufgeführt. Wie aus dieser ersichtlich ist, stellte sich am häufigsten *Polyporus circinatus* Fr. ein. Der Pilz wurde 95mal isoliert und kam in 52,7 % der entnommenen Scheiben vor. An zweiter Stelle folgt *Sparassis crispa* (Wulf.) Fr., der mit 49 Stämmen in 27,2 % der Abschnitte nachgewiesen wurde. Von *Polyporus schweinitzii* Fr. wurden 30 Isolierungen aus 16,6 % der Proben erhalten. Sparassis crispa trat in 5 Scheiben mit Polyporus circinatus und in 3 Abschnitten mit P. schweinitzii zusammen auf.

Tabelle 1
**Zusammenstellung der aus 180 Stammscheiben isolierten Pilzarten**

| Pilzart | Anzahl der isolierten Stämme | Prozentsatz befallener Scheiben |
|---|---|---|
| Basidiomyceten | | |
| Polyporus circinatus | 95 | 52,7 |
| Sparassis crispa | 49 | 27,2 |
| Polyporus schweinitzii | 30 | 16,6 |
| Fomes annosus | 6 | 3,3 |
| Odontia bicolor | 3 | 1,6 |
| B 16 | 2 | 1,1 |
| Merulius silvester | 1 | 0,5 |
| B 12 | 1 | 0,5 |
| Ascomyceten und Imperfecten | | |
| Coryne sarcoides | 4 | 2,2 |
| Leptographium lundbergii | 2 | 1,1 |
| Hormiscium sp. | 2 | 1,1 |
| Trichoderma viride | 1 | 0,5 |

Alle anderen Pilzarten waren zahlenmäßig nur schwach vertreten. Keine von diesen kam in mehr als 4 % der untersuchten Abschnitte vor. *Fomes annosus* (Fr.) Cooke wurde 6mal, *Coryne sarcoides* (Jacq.) Tul. 4mal und *Odontia bicolor* (Alb. et Schw. ex Fr.) Bres. 3mal gefunden. Je 2mal traten der unbestimmte *Basidiomycet B 16*, *Leptographium lundbergii* Lagerberg et Melin und *Hormiscium sp.* auf. In jeweils 1 Scheibe waren *Merulius silvester* Falck, der *Basidiomycet B 12* und *Trichoderma viride* Pers. ex Fr. vertreten.

Die meisten isolierten Basidiomyceten-Arten sind bekannte Holzzerstörer an Nadelhölzern.

Polyporus circinatus wurde als Fäuleerreger an lebenden Koniferen in Europa, Nordamerika und Asien beobachtet (1, 3, 4, u. 10). Der Pilz befällt Kiefern-, Fichten-, Tsuga- und Thujaarten. Er zerstört das Holz punktweise innerhalb der Jahrringe. Mit zunehmender Zersetzung entstehen Löcher, die einen Durchmesser von mehreren Millimetern aufweisen können. Oft bilden sich unmittelbar nebeneinander so viele Hohlräume aus, daß sich das Holz ringförmig auflöst (Ringschäle). Die Fäule kann mehrere Meter stammaufwärts fortschreiten und dadurch eine beträchtliche Entwertung des Kiefernstammes verurachen.

Sparassis crispa kommt in Europa häufig an Kiefern und Douglasien vor (6 u. 7). Das von dem Pilz befallene Holz verfärbt sich zunächst gelb bis hellbraun und reißt in radialer Richtung auf. Später nimmt es einen dunkelbraunen Farbton an und zerfällt in unregelmäßige kubische Stücke. Charakteristisch ist ein starker, an Terpentin erinnernder Geruch. Das Myzel von Sparassis crispa vermag mehrere Meter stammaufwärts vorzudringen.

Polyporus schweinitzii ist in der ganzen nördlichen Hemisphäre weit verbreitet (2, 5, 7 u. 11). Man findet den Pilz als Fäuleerreger an Kiefern, Douglasien, Lärchen und Fichten. Das von ihm infizierte Kernholz weist ähnliche Symptome wie bei Sparassis-Befall auf.

Fomes annosus tritt in Europa, Asien und Amerika an vielen Nadelhölzern als Holzzerstörer auf (12). Junge Kiefern bringt der Pilz in der Regel zum Absterben, bevor es zu einer sichtbaren Zersetzung des Holzkörpers kommt. Bei Altkiefern dagegen verursacht er nicht selten eine Kernfäule. Das befallene Holz verfärbt sich gelb- bis rotbräunlich und löst sich allmählich faserig auf. Die Fäule kann sich mehrere Meter stammaufwärts erstrecken.

Odontia bicolor ruft in Nordamerika eine Stammfäule an Nadel- und Laubhölzern hervor (8). Über sein Vorkommen an lebenden Bäumen in Europa ist nur wenig bekannt. Der Pilz verursacht eine gelb-bräunliche Zersetzung des Holzes.

Merulius silvester besiedelt nicht selten die Stöcke von Nadelhölzern (7). Als Stammfäuleerreger scheint er jedoch nur eine geringe Rolle zu spielen.

Den isolierten Ascomyceten und Imperfecten dürfte als Holzzerstörern keine Bedeutung zukommen. Sie scheinen lediglich Begleitpilze der fäuleverursachenden Basidiomyceten zu sein.

## 6. Wuchsgebiet und Pilzbefall

Über das Vorkommen der isolierten Pilzarten in den verschiedenen Wuchsgebieten gibt Tabelle 2 Auskunft. Wie aus dieser zu entnehmen ist, lassen die häufig gefundenen Pilze eine deutliche Abhängigkeit von den Standortverhältnissen erkennen.

Polyporus circinatus dominiert sehr stark in den untersuchten Beständen des Neckarlandes. Der Pilz wurde in 96 % der aus diesen Beständen entnommenen Scheiben nachgewiesen. Offenbar sind auf tiefgründigen, nährstoffreichen Böden die Infektionsbedingungen für ihn besonders günstig. Ziemlich zahlreich tritt Polyporus circinatus auch auf den kiesigen Sandböden im Oberrheintal in Erscheinung. Er zeigte sich in 35 % der untersuchten Abschnitte. Die stark sauren Sandböden des Odenwaldes scheinen

Tabelle 2

**Vorkommen der isolierten Pilzarten in Kiefernbeständen verschiedener Wuchsgebiete**

| Pilzart | Wuchsgebiet | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oberrheintal 60 Scheiben | | Neckarland 75 Scheiben | | Odenwald 45 Scheiben | |
| Basidiomyceten | [1] | [2] | | | | |
| Polyporus circinatus | 21 | 35 % | 72 | 96 % | 2 | 4,4 % |
| Sparassis crispa | 24 | 40 % | — | — | 25 | 55,5 % |
| Polyporus schweinitzii | 11 | 18,3 % | 1 | 1,3 % | 18 | 40 % |
| Fomes annosus | 3 | 5 % | 1 | 1,3 % | 2 | 4,4 % |
| Odontia bicolor | 2 | 3,3 % | — | — | 1 | 2,2 % |
| B 16 | 2 | 3,3 % | — | — | — | — |
| Merulius silvester | 1 | 1,6 % | — | — | — | — |
| B 12 | — | — | 1 | 1,3 % | — | — |
| Ascomyceten und Imperfecten | | | | | | |
| Coryne sarcoides | 2 | 3,3 % | — | — | 2 | 4,4 % |
| Leptographium lundbergii | 2 | 3,3 % | — | — | — | — |
| Hormiscium sp. | 1 | 1,6 % | — | — | 1 | 2,2 % |
| Trichoderma viride | 1 | 1,6 % | — | — | — | — |

[1] Anzahl der isolierten Pilzstämme.
[2] Prozentsatz der von den einzelnen Pilzarten befallenen Scheiben.

ihm dagegen nicht zuzusagen. Nur 4,4 % der dort gesammelten Proben waren von ihm befallen.

Im Gegensatz zu Polyporus circinatus bevorzugt Sparassis crispa saure Sandböden. Die im Odenwald entnommenen Scheiben waren zu 55,5 % von ihm infiziert. Aber auch auf den kiesigen Sanden des Oberrheintales steht der Pilz in der Häufigkeit an erster Stelle. Er ging aus 40 % der analysierten Abschnitte hervor. In den untersuchten Beständen des Neckarlandes zeigte er sich dagegen nicht.

Auch Polyporus schweinitzii hat den Schwerpunkt seiner Verbreitung auf den sauren Sandböden. Von den im Odenwald entnommenen Scheiben waren 40 % von ihm befallen. Die im Oberrheintal gesammelten Proben waren zu 18,3 % von ihm infiziert. Nur unbedeutend tritt der Pilz dagegen in den Beständen des Neckarlandes auf. In den dort gewonnenen Abschnitten konnte er nur einmal nachgewiesen werden.

Über die Standortsansprüche der anderen isolierten Pilzarten sind infolge ihres nur geringen Vorkommens keine Aussagen möglich.

## Zusammenfassung

In Südwestdeutschland tritt an über 100 Jahre alten Kiefern häufig eine Kernfäule auf, die verschiedene Erscheinungsbilder zeigt. Es wurde untersucht, welche Pilzarten an dieser Fäule beteiligt sind. Die Erhebungen wurden in 42 Kiefernbeständen der Wuchsgebiete Oberrheintal, Neckarland und Odenwald durchgeführt.

Aus insgesamt 180 kernfaulen Stammscheiben wurden 196 Pilzstämme isoliert. Von den erhaltenen Kulturen gehören 187 zu den Basidiomyceten, die sich auf 8 Pilzarten verteilen. Bei den restlichen 9 Stämmen, die sich aus 4 Arten zusammensetzen, handelt es sich um Ascomyceten und Imperfecten.

Am häufigsten wurde Polyporus circinatus Fr. gefunden. Der Pilz ging aus 52,7 % der entnommenen Scheiben hervor. Es folgt Sparassis crispa (Wulf.) Fr., der 27,2 % der Abschnitte besiedelte. An dritter Stelle steht Polyporus schweinitzii Fr. mit einem Anteil von 16,6 %. Alle anderen isolierten Pilzarten spielen zahlenmäßig nur eine untergeordnete Rolle.

In den Kiefernbeständen des Neckarlandes, die auf schweren, tiefgründigen Böden mit schwach saurer bis neutraler Reaktion stocken, ist als Fäuleerreger fast ausschließlich Polyporus circinatus anzutreffen. Sparassis crispa und Polyporus schweinitzii herrschen dagegen in den Beständen des Odenwaldes auf stark sauren Sandböden vor. In den auf mäßig sauren, kiesigen Sanden stehenden Beständen im Oberrheintal sind alle 3 Pilzarten reichlich vertreten.

## Summary

Title of the paper: *Heart Rot Fungi in Pine Stands in Baden-Wurttemberg.*

Heart-rot fungi in 42, 100 yrs and above old pine stands were identified. 196 fungus strains were isolated from 180 disks. 187 were Basidiomycetes with 8 species. 9 were 4 species of Ascomycetes and Imperfectae.

*Polyporus circinatus* Fr. occurred in 52.7 % of the disks, *Sparassis crispa* (Wulf.) Fr. in 27.2 % and *Polyporus schweinitzii* Fr. in 16.2 %. Others occurred in smaller numbers.

*P. circinatus* is the almost exclusive rot fungus on heavy, deep, weakly acid to neutral soils in the Neckar district. The other 2 species dominate on very acid soils in the Odenwald. All 3 species are abundant on the moderately acid gravelly sandy soils in the upper Rhine valley. E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *Champignons responsables de la pourriture du coeur dans les peuplements de pin sylvestre du Bade-Wurtemberg.*

Dans le S-W de l'Allemagne, les pins sylvestres âgés se manifeste sous divers aspects. On a recherché quelles étaient les espèces de champignons responsables de cette pourriture. L'enquête a porté sur 42 peuplements des régions de la haute vallée du Rhin, du Neckar et de l'Odenwald.

A partir des 180 rondelles présentant la pourriture, 196 souches de champignons furent isolées. 187 des cultures obtenues appartenaient aux basidiomycètes et se répartissaient en 8 espèces. Les 9 souches restantes, avec 4 espèces, se répartissaient entre ascomycètes et champignons imparfaits.

*Polyporus circinatus Fr.* fut trouvé le plus fréquemment; ce champignon apparait dans 52,7 % des cas de pourriture. En deuxième position vient *Sparassis crispa* (Wulf.) qui se manifeste dans 27,2 % des cas. Au troisième rang se classe *Polyporus schweinitzii Fr.* avec un pourcentage de 16,6. Les autres espèces isolées ne jouent numériquement qu'un rôle secondaire.

Dans les peuplements de la région du Neckar, sur sols lourds et profonds à réaction faiblement acide ou neutre, le responsable de la pourriture est presque exclusivement le *Polyporus circinatus*.

Par contre *Sparassis crispa* et *Polyporus schweinitzii* dominent dans les peuplements de l'Odenwald sur sols sableux très acides. Dans les peuplements sur sols siliceux faiblement acides de la haute vallée du Rhin, les trois espèces sont très abondantes.

J. M.

## Schrifttum

1. Bakshi, B. K.: Diseases and decays of conifers in the Himalayas. Indian. For., 81, 1955. — 2. Boyce, J. S.: Decay in Pacific Northwest conifers. Yale Univ., Osborn. Botan. Lab. Bull., 1930. — 3. Christensen, C. M.: Observation on Polyporus circinatus. Phytopathology, 30, 1940. — 4. Domanski, S.: Badania nad przyczynami powstawania posuszu w starszych drzewostanach Sosnowych w Wielkopolkim Parku Narodowym w Ludwikowie. Prace Inst. Badaw. Lésn. 93, 1953 (Ref.: Rev. appl. Mycol., 1957, S. 221). — 5. Gladman, R. J., and Low, J. P.: Conifer heart rots in Scotland.

Forestry, 36, 1963. — 6. HENNIG, R.: Über die bei uns vorkommenden Sparassis-Arten (Krause Glucke u. Eichen-Glucke) und ihren Parasitismus an Waldbäumen. Forstw. Cbl., H. 3/4, 1952. — 7. LIESE, J.: Beobachtungen über Stock- und Stammfäule unserer Waldbäume. Ztschr. f. Forst- u. Jagdw., 1930. — 8. NOBLES, M. K.: Studies in wood-inhabiting Hymenomycetes. I. Odontia bicolor. Can. Journal of Bot., 31, 1953. — 9. Ders.: Identification of cultures of wood-inhabiting Hymenomycetes. Can. Journal of Bot., 43, 1965. — 10. SCHÖNHAR, S.: Polyporus circinatus als Erreger einer Kiefernstockfäule. Allg. Forstztschr., Nr. 1, 1968. — 11. YDE-ANDERSEN, A.: Polyporus schweinitzii Fr. i naletraebevoksninger. Friesia, 6, 1961. — 12. ZYCHA, H.: Stand unserer Kenntnisse von der Fomes-annosus-Rotfäule. Forstarchiv, H. 1, 1964.

## Bemerkungen zu dem Aufsatz von Dändliker im Novemberheft 1969 „Joh. Gg. Freiherr Seutter von Lötzen (1769-1833)"

Von K. MANTEL, Freiburg

In dem Aufsatz von DÄNDLIKER über FREIHERRN SEUTTER ist gesagt, daß es 1790 im südwestdeutschen Raum „damals noch keine Universität, die einen forstwissenschaftlichen Lehrstuhl hatte" gab.

Dazu ist zu bemerken, daß 1787 JOHANN JAKOB TRUNK einen Lehrstuhl für Forstwissenschaft in Freiburg hatte und den ersten vollständigen Unterricht in forstlicher Hinsicht für Forststudierende durchführte. Er war gleichzeitig Oberlandforstmeister für die österreichischen Vorderlande.

# Buchbesprechungen

**Der Adlerfarn (Pteridermium aquilinum [L.] Kuhn) und seine Bekämpfung mit Aminotriazol.** Von CHRISTIANE VOLGER. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., 1969. 104 Seiten, 26 Abb., Literaturang., Kart. DM 23,80.

Im 1. Teil der Arbeit wurde versucht, die für die Bekämpfung des Adlerfarns wichtigen Eigenschaften dieser Pflanze anhand von Literaturstudien und eigenen Beobachtungen darzulegen. Besonderes Interesse galt dabei Aussagen über das Rhizom, das nicht nur der Speicherung von Nährstoffen dient, sondern auch der Vermehrung, die Ansprüche des Adlerfarns an Boden und Licht, seine stoffliche Zusammensetzung, deren jahreszeitlicher Wechsel in den unterschiedlichen Organen im Hinblick auf den Zeitraum für die Bekämpfung besonderes Augenmerk verdient. Teil 2 der Arbeit berichtet über die experimentellen Untersuchungen, mit denen drei Probleme aufgegriffen wurden:

1) Wie gelangt Amitrol bzw. dessen toxisches Prinzip zu den Rhizomen des Adlerfarns, 2) Was geschieht mit Amitrol innerhalb der Versuchspflanze und 3) Was geschieht mit Adlerfarn, der mit Amitrol behandelt wurde.

Für die Bearbeitung dieser Fragen, für die neben Amitrol auch radioaktiv markiertes Amitrol zur Verfügung stand, wurden verschiedene Methoden wie Radiomeßtechnik, Papier- und Dünnschichtchromatographie, Autoradiographie und Biotest angewandt. Die Methoden wurden z. T. am Versuchsobjekt entwickelt. Dabei wurde eine Reihe allgemein interessanter Ergebnisse über die Translokation von Amitrol und den Einfluß von Amitrol auf den Aminosäuren-Metabolismus des Adlerfarns festgestellt. Diese grundlegenden Untersuchungen ermöglichen Schlußfolgerungen für die Bekämpfung des Adlerfarns in der forstlichen Praxis.

F. RITTERSHOFER

**Skogsordlista, Glossary of forest terms. Swedish-English.** Herausgegeben von Tekniska Nomenklaturcentralen. Berlingske Boktryckeriet, Lund 1969. 3470 schwedische Begriffe mit englischer Übersetzung und kurzen schwedischen Definitionen. 476 Seiten. Preis: Skr 50.—.

Unter der Leitung von Prof. ULF SUNDBERG, Stockholm, ist 1964 mit der Zusammenstellung der im schwedischen Forstwesen gebräuchlichen Begriffe für die Herausgabe eines Forstlexikons begonnen worden.

Das gesamte Vorhaben wurde so organisiert, daß man für sieben Fachbereiche Expertengruppen bildete, die in eigener Verantwortung zunächst eine Auslese der entsprechenden Wörter vorzunehmen hatten.

In Zusammenarbeit mit der schwedischen Zentrale für technische Terminologie (TNC) waren Ende 1967 von jeder Fachgruppe die jeweiligen Vorschläge für vollständige Wörterlisten fertiggestellt, die dann einer Reihe von forstlichen Institutionen, Organisationen und Unternehmen zwecks eventueller Änderungsvorschläge oder Ergänzungen vorgelegt wurden.

Nach mehreren kritischen Überprüfungen hat schließlich eine Gruppe von Sprachexperten die englische Übersetzung vorgenommen.

Der Erstellung dieses forstlichen Wörterbuches liegt somit eine ausgedehnte und gewissenhafte Arbeit zu Grunde. Es enthält eine größere Anzahl anschaulicher Skizzen und besonders hervorzuheben sind nicht zuletzt die jedem Begriff in schwedischer Sprache zugefügten exakten Definitionen. Für beide Sprachen sind am Schluß vollständige Wörterverzeichnisse mit Seitenangaben vorhanden.

Namhafte schwedische Forstwissenschaftler wie Prof. C. O. TAMM, Prof. B. LEKANDER, Prof. CH. CARBONNIER, Prof. U. SUNDBERG, Prof. N. E. NILSSON, Prof. B. EKLUND, Prof. E. STRIDSBERG und Prof. P. NYLINDER waren die Leiter der Fachgruppen.

Auf Grund der klaren Gliederung nach Fachdisziplinen und den Erläuterungen zu jedem Begriff gewinnt das Werk an Übersichtlichkeit. Sehr zu begrüßen ist auch die Zusammenarbeit der Organisation mit Forstgremien der Nachbarländer, wodurch mit einer Erleichterung in der Anwendbarkeit zumindest im Nordischen Raum gerechnet werden darf.

JOCHEN HEUVELDOP

**Das jagdliche Brauchtum.** Jägersprache, Bruchzeichen, Jagdsignale und sonstige Jagdgebräuche. Von WALTER FREVERT. 10., überarbeitete Auflage. Verlag Paul Parey, Hamburg, 1969. 148 Seiten mit 25 Abbildungen. Kartoniert 7,80 DM.

Das heute schon zu den Standardwerken der Jagdliteratur gehörende Buch von FREVERT: „Das jagdliche Brauchtum" ist nun nach dem Tode des Verfassers in seiner 10. Auflage erschienen. Es braucht nicht besonders darauf hingewiesen zu werden, daß in der Einhaltung jagdlichen Brauchtums die Wurzeln echten, waidmännischen Jagens liegen. Das Buch sollte daher immer wieder von den erfahrenen Lehrprinzen allen Jungjägern in die Hand gedrückt werden.

G. MITSCHERLICH

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

# GARANTIE

CERTIFICAT FÜR · FACHBERATUNG ·

MUNITION VON

Dynamit Nobel

# Mit diesem Certificat garantieren wir echte Munitionsberatung.

Sie stellen hohe Ansprüche an Ihren Munitionshändler. Mit Recht. Damit Sie aber auch zu Ihrem Recht kommen, haben wir unsere Händlerschaft nach neuen Maßstäben ausgewählt. Unsere Auswahl erkennen Sie am „Certificat für Fachberatung" (siehe Abbildung oben). Sie finden es an der Fassade der von uns empfohlenen Fachgeschäfte.

Diese Geschäfte führen unser volles Munitionssortiment. Damit ist garantiert, daß Sie immer Ihre ganz spezielle Patrone finden. Die Patrone Ihrer Wahl. Und Sie finden noch mehr. Nämlich echte Beratung durch den Fachmann. Denn nur der Fachmann ist unser Mann. Wie gut, daß Sie diesen Mann jetzt so leicht erkennen.




Munition von

**Dynamit Nobel**

Geben Sie sich nicht mit weniger zufrieden!

„Certificathändler"- Nachweis erteilt: Dynamit Nobel AG, Verkaufsabteilung 4 · 5 Köln 60, Nesselrodestraße 20

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*




141. JAHRGANG 1970 HEFT 3 MÄRZ

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# BEZUGSQUELLEN VERZEICHNIS

**Wildschaden-verhütungsmittel**



**Unkraut-vernichtungsmittel**



**Zaunbaugeräte**

ALLGEMEINE
FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

Dr. G. Mitscherlich
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

Dr. R. Schober
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 3804, Vorwahl 06152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 9695), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 3 des 141. Jahrgangs sind:**

Professor Dr. W. Langner, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, 207 Schmalenbeck, Sieker Landstraße 2

E. Maschning, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, 207 Schmalenbeck, Sieker Landstraße 2

Professor Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Dozent Dr. W. Moll, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Dr. B. R. Stephan, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, 207 Schmalenbeck, Sieker Landstraße 2

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Professor Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Akad. Rat Dr. F. Rittershofer, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Dr. J. J. Sauter, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

**Übersetzungen**

der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Silvae Genetica



**In Kürze erscheint Heft 1 des 19. Bandes mit folgenden Beiträgen:**



Erscheinungsweise:

Der 19. Band der „Silvae Genetica" erscheint in der Zeit vom 1. Januar bis 31. Dezember 1970 in sechs Heften.

Bezugspreis:

Pro Band DM 60,— (für Studenten DM 48,—) (empf. Preise), zuzüglich Versandspesen

**J. D. Sauerländer's Verlag**
**Frankfurt am Main**

# Erste Ergebnisse aus zwei Feldversuchen mit vier Pinus ponderosa-Herkünften in Nordwestdeutschland

Aus dem Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck
der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft.

(Mit 1 Abbildung, 1 Karte und 1 graphischen Darstellung sowie 10 Tabellen)

Von E. Maschning und W. Langner

Vom Institut für Forstgenetik in Schmalenbeck wurden 1959 zwei Feldversuche mit Pinus ponderosa Laws. angelegt*, die jetzt einer ersten Auswertung unterzogen wurden. Wegen des großen Verbreitungsgebietes der Ponderosa-Kiefer können von dieser kleinen Versuchsserie mit nur 4 Herkünften keinesfalls verbindliche Aussagen über Anbaueignung bestimmter Herkünfte und erst recht nicht über Art, Ursachen und Ausmaß des genetischen Variationsmusters zwischen und innerhalb der Herkünfte erwartet werden. Derartige Ergebnisse kann nur eine umfangreiche Versuchsserie, die sich auf ein hinreichend repräsentatives Stichprobenmaterial stützt, liefern. Um die hier noch bestehende Lücke zu schließen, plant z. Zt. die „Arbeitsgruppe für Saatgutbeschaffung für Provenienzversuche" der IUFRO Sektion 22 die Einsammlung von ca. 60 P. ponderosa-Herkünften. Bis aus diesem Material die für Züchtungsprogramme notwendigen Erkenntnisse aus kurz- bis mittelfristigen Versuchen vorliegen, werden jedoch noch 10 bis 20 Jahre vergehen.



Bild 1
Versuchsfläche Ki 7 (nähere Erläuterungen im Text).

### Verbreitung und Eigenschaften von Pinus ponderosa

Die Ponderosa-Kiefer (Pinus ponderosa Laws.) ist die wirtschaftlich wichtigste Kiefernart im westlichen Nordamerika. Sie gehört zur Gruppe der "western yellow pines", die etwa ein Dutzend Kiefernarten umfaßt (4). Von ihnen sind jedoch außer der Ponderosa-Kiefer wohl nur noch Pinus jeffreyi Grev. und Balf. und Pinus contorta Dougl. von wirtschaftlicher Bedeutung. Die Verbreitung der P. ponderosa ist auf Karte 1 dargestellt. Taxonomisch wird sie in folgende Varietäten unterteilt (nach 1, 2, 4, 5, 8):

1. in die Küstenform (P. ponderosa var. ponderosa), die westlich des Kammes der nördlichen Rocky Mountains bis zum Pazifik und in Kalifornien vorkommt.
2. die Rocky Mountain-Form (P. ponderosa var. scopulorum), die östlich des Kammes der nördlichen Rocky Mountains, in den zentralen und südlichen Rocky Mountains und in den Black Hills von S-Dakota verbreitet ist.

Zwischen diesen beiden Formen soll jedoch in den nördlichen Rocky Mountains von Montana eine intraspezifische Introgressionszone liegen (8).

3. die P. ponderosa var. arizonica (Engelm.) Shaw. Von dieser Varietät kommen einzelne Bestände im südlichen Neu-Mexiko und Arizona vor. Das Hauptverbreitungsgebiet befindet sich aber in den mexikanischen Provinzen Sonora, Chihuahua und Durango in Höhenlagen zwischen 2000 und 2700 m. Während Shaw (1914) und Little (1953) sie als eine Varietät von P. ponderosa betrachten, wird sie von Martinez (1948) und Mirov (1967) als eigene Art angesehen (nach 5). Auf jeden Fall ist sie mit P. ponderosa sehr eng verwandt.
4. P. arizonica var. stormiae Mart. Sie kommt in den Bergen der mexikanischen Provinzen Coahuila und den benachbarten Teilen von Nuevo Leon vor.

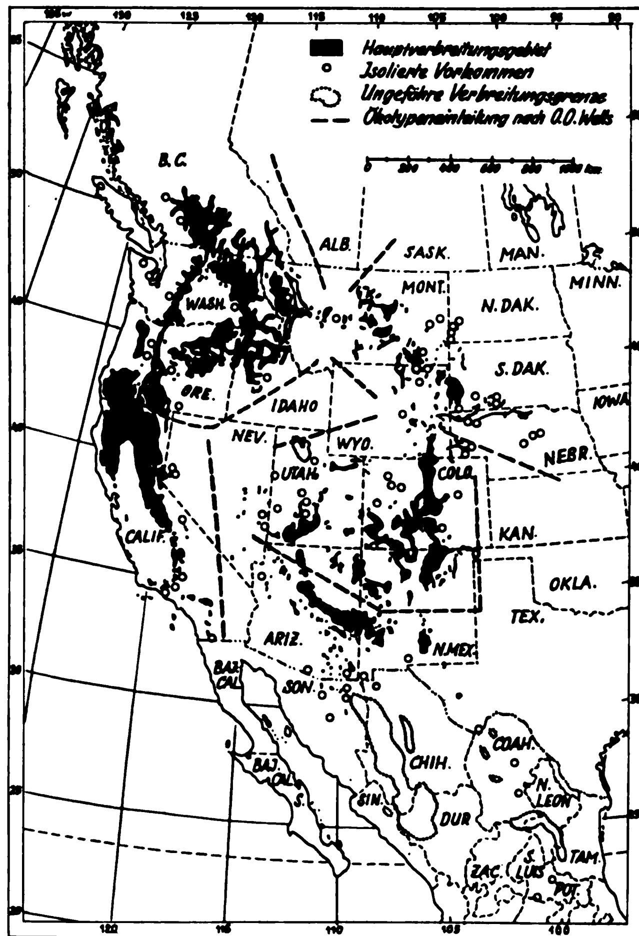
Eng verwandt ist P. ponderosa Laws. mit Pinus engelmannii Carr. und Pinus engelmannii var. blancoi Mart., mit denen sie in Mexiko auch vergesellschaftet ist. Ebenfalls wird ihre Verwandtschaft mit Pinus washoensis Mason und Stockwell und mit Pinus jeffreyii Grev. und Balfour hervorgehoben (5, 8).

In dem umfangreichen Verbreitungsgebiet kommt die Ponderosa-Kiefer in den verschiedensten Höhenlagen, Klimaten und Standorten vor (2, 4, 5, 9) und bildet sowohl große zusammenhängende, als auch und das besonders in Gebieten mit zunehmender Aridität, kleine, zerstreute und sich auflösende Unterpopulationen. Es kann daher vermutet werden, daß bei Herkunftsversuchen ein vorzugsweise ökotypisches Variationsmuster festgestellt wird. Über die bisherigen Herkunftsversuche zur Klärung des Variationsmusters berichten u. a. Fowells (2), Schütt (6), Squillace und Silen (7), Wells (8) und Wright (9). Alle diese Versuche ließen bemerkenswerte Herkunftsunterschiede erkennen, die auf geographische, klimatische, edaphische und altitudinale Faktoren zurückgeführt wurden.

Den bisher umfangreichsten Versuch zur Klärung der geographischen Variation unternahm Wells (8). Ihm standen hierfür in einem 2 Jahre dauernden Baumschulversuch in Michigan (USA), d. h. außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes, 298 Einzelbaumnachkommenschaften aus 60 Herkünften zur Verfügung. Herkünfte aus dem mexikanischen Verbreitungsgebiet enthielt dieser Versuch nicht. Auch Wells fand ein ausgeprägt diskontinuierliches genetisches Variationsmuster. Er konnte das aus dem Verbreitungsgebiet der USA stammende Material in 5 Ökotypen unterteilen (siehe auch Karte 1). Es sind dies

1. der kalifornische Ökotyp,
2. der pazifisch-nordwestliche Ökotyp,
3. der südliche Ökotyp von Arizona und dem südlichen Neu-Mexiko,
4. der zentrale Ökotyp des nördlichen Neu-Mexiko, Colorado und Utah, der sich eventuell noch in zwei mäßig gut unterscheidbare Typen unterteilen ließe und
5. der nördliche Ökotyp von Zentralmontana, S-Dakota und Nebraska.

*) Versuchsplanung, Materialsammlung und Versuchsanlage wurden vom damaligen Mitarbeiter des Instituts, Herrn Dr. P. Schütt, durchgeführt.




Karte 1
Verbreitung von Pinus ponderosa
(etwas verändert nach Critchfield u. Little (1) und Mirov (5)).

Über die bisherigen Versuche läßt sich zusammenfassend sagen: Bei der Ponderosa-Kiefer hat sich eine Vielfalt von ökotypisch differierenden Unterpopulationen nachweisen lassen. Es dürfte daher die Annahme nicht falsch sein, daß den verschiedenen europäischen Verhältnissen gut angepaßte Unterpopulationen gefunden werden können.

### Versuchsmaterial, Feldversuche, untersuchte Merkmale

Angaben über die in den Versuchen Ki 6 und Ki 7 enthaltenen 4 Herkünfte sind in Tabelle 1 aufgeführt. Hiernach sind 3 Herkünfte dem pazifisch-nordwestlichen und 1 Herkunft dem zentralen Ökotyp zuzurechnen.

Das Saatgut wurde im Frühjahr 1958 in der Baumschule des Schmalenbecker Instituts ausgesät. Im Frühjahr 1959 wurden beide Versuche in der Form des lateinischen Quadrats angelegt. Der Pflanzverband betrug 1 x 0,33 m. Je Parzelle wurden 300 1jährige Sämlinge gepflanzt, so daß jeder Versuch ohne Randpflanzen eine Größe von 0,16 ha hat. Der eigentliche Versuch wurde mit 3 Randreihen im gleichen Verband umpflanzt. Beide Versuche hatten durch die Dürre im Anlagejahr 1959 gelitten.

Über die Versuche können folgende Angaben gemacht werden: Der Versuch Ki 6 liegt im Bereich des LWK-Forstamtes Meppen (Emsland) auf armen, trockenen Dünensanden. Die Fläche wurde vor Anlage des Versuchs tief gefräst. Durch die Dürre im Sommer 1959 wurden viele Pflanzen getötet, wodurch ein Block nahezu vollständig ausfiel. Der Versuch konnte daher nur noch als Blockversuch ausgewertet werden. Die Herkunft 2777 war wegen zu geringer Pflanzenzahl in einem Block durch eine Füllsorte ersetzt worden. Der fehlende Parzellenmittelwert mußte daher für die Varianzanalysen geschätzt werden.

Tabelle 1
**Herkunftsangaben**

| Herkunfts-Nr. | Herkunftsort | Breitengrad | Längengrad | Höhe ü. N. N. |
|---|---|---|---|---|
| 2769 | Ashley National Forest, O-Utah (U.S.A.) | 40° 55' N | ca. 110° 50' W | 2350 m |
| 3132 | Lapine, Oregon (U.S.A.) | 43° 40' N | 121° 35' W | 1500 m |
| 3131 | Wind River, Washington (U.S.A.) | 45° 50' N | 121° 40' W | 750 m |
| 2777 | Salmon Arm, Brit.-Columb. (Canada) | 50° 45' N | 119° 15' W | 450 m |

Der Versuch Ki 7 liegt im Bereich des LWK-Forstamtes Nordhorn (Emsland) auf humosem Sand im Bereich einer Endmoräne. Im Herbst vor Anlage erfolgte Vollumbruch auf 50 cm Tiefe. Anschließend wurde die Fläche mit 50 dz/ha Mergel und 5 dz/ha Thomasmehl gedüngt. Die Ausfälle waren auf dieser Fläche viel geringer als auf dem Versuch Ki 6. Flächenweise Ausfälle traten nicht auf. Der Versuch konnte als lateinisches Quadrat ausgewertet werden. Beide Versuchsflächen haben, da sie nur ca. 40 km voneinander entfernt liegen, recht übereinstimmende Klimafaktoren aufzuweisen. Wesentliche Unterschiede zwischen beiden Flächen dürften daher hauptsächlich im Bodenzustand bestehen.

An den Versuchen wurden nach Abschluß der 3. (1960), der 6. (1963) und der 10. (1967) Vegetationsperiode Höhenmessungen durchgeführt. Während bei den ersten beiden Messungen noch alle Bäume gemessen wurden, pro Parzelle 220 bis 280 Bäume, wurde die dritte Messung nur an einer Stichprobe von 25 Bäumen durchgeführt. Für die Auswertung der Versuche wurden Parzellenmittelwerte benutzt. Um die Höhenentwicklung der Ponderosa-Kiefer mit der von Pinus silvestris vergleichen zu können, wurde in diesem Jahr auf beiden Flächen in danebenliegenden gleichalten und den gleichen Bodenvorbehandlungen ausgesetzten Kiefernkulturen die Höhe an einer Stichprobe von 25 Bäumen auf die gleichen Zeitpunkte zurückgemessen. Außerdem wurde im August 1969 auf der Fläche Ki 7 der Brusthöhendurchmesser an einer Stichprobe von 25 Bäumen/Parzelle aufgenommen. Auch hier wurde, um einen Vergleich mit P. silvestris anstellen zu können, der BHD in entsprechender Wiederholungszahl an der benachbarten P. silvestris-Kultur erhoben.

Tabelle 2
**Höhenentwicklung in cm. Mittelwerte der nach steigenden Breitengraden und abnehmenden Höhenlagen geordneten Herkünfte und einer Stichprobe gleichalter P. silvestris-Bäume**

| Herkunft | Ki 6 | | | Ki 7 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3jähr. 1960 | 6jähr. 1963 | 10jähr. 1967 | 3jähr. 1960 | 6jähr. 1963 | 10jähr. 1967 |
| 2769 | 5,7 | 23,3 | 57,7 | 7,8 | 44,2 | 106,8 |
| 3132 | 10,9 | 47,6 | 112,2 | 14,5 | 90,4 | 222,2 |
| 3131 | 10,9 | 47,4 | 109,5 | 18,4 | 102,9 | 243,3 |
| 2777 | 11,6 | 50,9 | 115,9 | 14,7 | 96,5 | 253,2 |
| benachb. P. silvestris | 11,1 | 68,1 | 195,8 | 28,5 | 114,4 | 274,1 |

Tabelle 3
**Durchschnittliches jährliches Höhenwachstum in cm**

| Herkunft | Ki 6 | | | | | Ki 7 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | bis Alter 3 | bis Alter 6 | von Alter 4 bis Alter 6 | bis Alter 10 | von Alter 7 bis Alter 10 | bis Alter 3 | bis Alter 6 | von Alter 4 bis Alter 6 | bis Alter 10 | von Alter 7 bis Alter 10 |
| 2769 | 1,9 | 3,9 | 5,9 | 5,8 | 8,6 | 2,6 | 7,4 | 12,1 | 10,7 | 15,7 |
| 3132 | 3,6 | 7,9 | 12,2 | 11,2 | 16,2 | 4,8 | 15,1 | 25,3 | 22,2 | 32,9 |
| 3131 | 3,6 | 7,9 | 12,2 | 11,0 | 15,5 | 4,9 | 17,2 | 28,1 | 24,3 | 35,1 |
| 2777 | 3,9 | 8,5 | 13,1 | 11,6 | 16,2 | 6,1 | 16,1 | 27,3 | 25,3 | 39,2 |
| benachb. P. silvestris | 3,7 | 11,4 | 19,0 | 19,6 | 31,9 | 9,5 | 19,1 | 28,6 | 27,4 | 40,0 |

Da in den der Fläche Ki 7 benachbarten P. silvestris-Dickungen im Jahr 1969 starker Lophodermium pinastris-Befall herrscht, wurden beide Ponderosa-Flächen ebenfalls auf Lophodermium-Befall überprüft *).

### Ergebnisse

Die Höhenentwicklung der 4 geprüften Herkünfte und der zum Vergleich herangezogenen P. silv.-Stichproben läßt sich an der graphischen Darstellung und nach Tabelle 2 verfolgen. Hiernach war das Höhenwachstum bis zur 3. Vegetationsperiode mäßig. Der Grund dafür muß im extremen Trockenjahr 1959 gelegen haben. In den folgenden Jahren nahm das Höhenwachstum dann ständig zu. Einen Eindruck vom zunehmenden jährlichen Höhenwachstum gibt Tabelle 3.

Auf der Versuchsfläche Ki 6 erreichten die Ponderosa-Herkünfte nur die Hälfte der Höhe wie auf der Fläche Ki 7. Hierin kommen die stark unterschiedlichen Bodenverhältnisse beider Flächen zum Ausdruck. Die Herkunft 2769 ist auf beiden Flächen mit Abstand die schlechteste Herkunft. Da sie in dem Versuch die einzige Herkunft aus dem zentralen Ökotyp ist, lassen sich daraus aber keine Folgerungen für dieses Herkunftsgebiet ziehen. Ihr Versagen muß mit ihrer Herkunft aus 2350 m ü. N. N. begründet werden. Die übrigen 3 Herkünfte lagen im Wachstum dicht beieinander. Einen geringfügigen Vorsprung hatte die Herkunft 2777. Sie ist die nördlichste Herkunft und kommt aus der niedrigsten Höhenlage. Das Ergebnis der Fläche Ki 7 im Alter 10, wo mit zunehmender nördlicher Breite und abnehmender Höhenlage der Herkünfte die Durchschnittshöhe zunahm (Tab. 2), ist sicher ein Zufallsergebnis.

Zwar lassen sich zwischen den 3 im Wuchsverhalten fast übereinstimmenden Herkünften kleine Unterschiede zwischen den Mittelwerten feststellen (siehe Tab. 2), sie sind statistisch aber meist nicht abzusichern.

Einen Eindruck vom unterschiedlichen Wuchsverhalten gibt Bild 1. Hier ist auf Fläche Ki 7 im Vordergrund die schlechtwüchsige Herkunft 2769, im Hintergrund die gutwüchsige Herkunft 3131 und links im Bild die ebenfalls gutwüchsige Herkunft 2777 zu sehen.

Die Varianzanalysen und die mit dem Duncan-Test durchgeführten Mittelwertvergleiche bestätigen die bisherigen Feststellungen. Der Einfachheit halber seien für die Varianzanalysen in Tabelle 4 und 5 nur die Signifikanzen für die einzelnen Variationsursachen mitgeteilt. Auf beiden Flächen waren bis zur 10. Vegetationsperiode signifikante Herkunftsunterschiede nachzuweisen. Wie der Duncan-Test zeigt, waren diese Herkunftsunterschiede im Versuch Ki 6 ausschließlich auf Unterschiede zwischen der Herkunft 2769 und allen übrigen Herkünften zurückzuführen (Tabelle 6). Im Versuch Ki 7 traten im Alter 3 und 6 zusätzlich noch zwischen anderen Herkünften signifikante Mittelwertdifferenzen auf. Im Alter 10 waren dann auch hier nur noch die Differenzen zwischen der Herkunft 2769 und allen übrigen Herkünften signifikant (Tabelle 7).

Verfolgt man an einer Stichprobe aus der neben der Fläche Ki 6 liegenden gleichalten P. silvestris-Dickung deren Höhenentwicklung, so zeigt sich eine eindeutige Überlegenheit der einheimi-

*) Die mykologischen Untersuchungen wurden freundlicherweise von Herrn Dr. Stephan vom Schmalenbecker Institut durchgeführt.

Tabelle 4
**Varianzanalyse Ki 6 *)**

| Ursache | Signifikanzen | | |
|---|---|---|---|
| | 3jährig | 6jährig | 10jährig |
| zwischen Herkünften | + | ++ | + |
| zwischen Blöcken | — | — | — |
| Rest | | | |

*) hier und in den folgenden Tabellen bedeuten:
— : nicht signifikant
+ : signifikant bei P = 0,05
++ : signifikant bei P = 0,01
+++ : signifikant bei P = 0,001

Tabelle 5
**Varianzanalyse Ki 7**

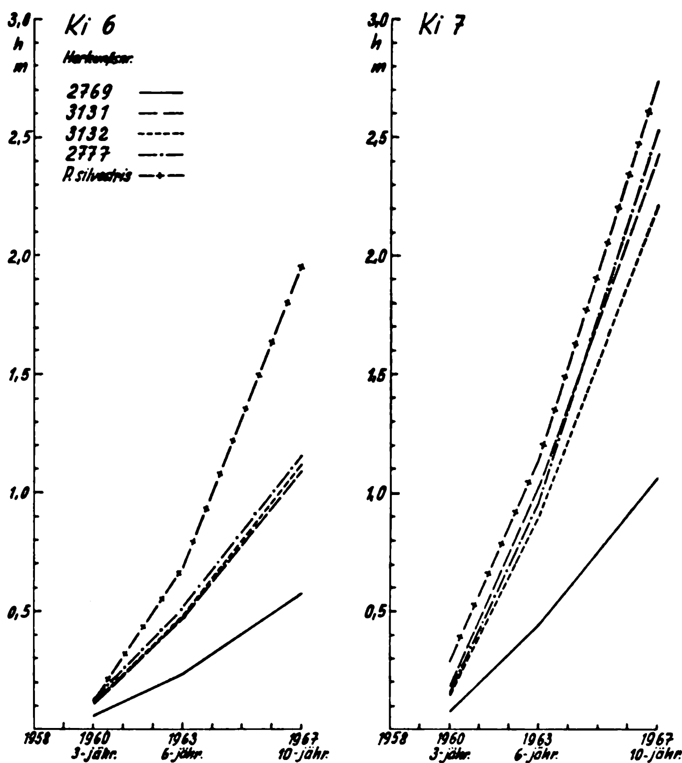
| Ursache | Signifikanzen | | |
|---|---|---|---|
| | 3jährig | 6jährig | 10jährig |
| zwischen Herkünften | +++ | +++ | +++ |
| zwischen Säulen | + | — | — |
| zwischen Blöcken | + | — | — |
| Rest | | | |

Tabelle 6
**Duncan-Test bei Ki 6. Signifikanz der Mittelwertsdifferenzen**

| Herkunft | 2769 | | | 3132 | | | 3131 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3-jähr. | 6-jähr. | 10-jähr. | 3-jähr. | 6-jähr. | 10-jähr. | 3-jähr. | 6-jähr. | 10-jähr. |
| 3132 | ++ | ++ | + | | | | | | |
| 3131 | ++ | ++ | + | — | — | — | | | |
| 2777 | ++ | ++ | + | — | — | — | — | — | — |

Tabelle 7
**Duncan-Test bei Ki 7. Signifikanz der Mittelwertsdifferenzen**

| Herkunft | 2769 | | | 3132 | | | 3131 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3-jähr. | 6-jähr. | 10-jähr. | 3-jähr. | 6-jähr. | 10-jähr. | 3-jähr. | 6-jähr. | 10-jähr. |
| 3132 | +++ | +++ | +++ | | | | | | |
| 3131 | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | — | | | |
| 2777 | +++ | +++ | +++ | — | + | — | +++ | + | — |




Graphische Darstellung 1
Höhenentwicklung der geprüften 4 Herkünfte und
von P. silvestris-Stichproben auf den Flächen Ki 6 und Ki 7.

schen Kiefer (siehe hierzu Tab. 1 und 2 und die graph. Darstellung). Die auf dieser Fläche vorliegenden Bodenverhältnisse sind offensichtlich für P. ponderosa nicht ausreichend, um ihr die gleiche Wüchsigkeit wie der P. silvestris zu verschaffen. Es muß daraus gefolgert werden, daß ihr Anbau auf armen, trockenen Standorten Nordwestdeutschlands nicht zu empfehlen ist. Ganz anders sieht es auf der Fläche Ki 7 aus. Die Stichprobe der gemessenen benachbarten P. silvestris-Bäume zeigt zahlenmäßig eine leichte Überlegenheit (Tab. 2 und graph. Darstellung). Ihr durchschnittliches jährliches Höhenwachstum in den letzten 4 Jahren unterscheidet sich aber fast nicht mehr von dem der Ponderosa-Herkunft 2777 (Tab. 3). Durch natürliche Ausscheidung sind aber auf diesem besseren Standort in der P. silvestris-Dickung schätzungsweise 10% der Pflanzen bereits ausgefallen, während auf der Ponderosa-Fläche, und das trifft auch für die Fläche Ki 6 und ihre benachbarte P. silvestris-Dickung zu, kein Ausscheiden beobachtet wurde. Verglichen werden hier also unterschiedliche Populationen: Während bei der Ponderosa-Kiefer eine fast vollständige, noch nicht durch natürliche Ausscheidung dezimierte Population vorliegt, hat sich der Mittelwert der P. silvestris-Population durch Ausfall von ca. 10% der ursprünglichen Pflanzenzahl erhöht. Es kann daher angenommen werden, daß 3 Herkünfte der Ponderosa-Kiefer auf dem besseren Standort der Fläche Ki 7 der einheimischen Kiefer bisher zumindest gleichwertig sind.

Ein Vergleich der Brusthöhendurchmesser führt zu folgenden Ergebnissen. Mit Ausnahme der schlechten Herkunft 2769 haben die anderen 3 Ponderosa-Herkünfte stärkere Brusthöhendurchmesser als die einheimische Kiefer (Tabelle 8). Dieses Ergebnis bestätigt den optischen Eindruck, den man bei einer Besichtigung der Fläche hat: die guten Ponderosa-Herkünfte wirken kräftig und gedrungen, die einheimische Kiefer wirkt schlanker. Die Varianzanalyse weist auch hier signifikante Herkunftsunterschiede nach (Tabelle 9). Neben gesicherten Unterschieden zwischen der Herkunft 2769 und allen übrigen untersuchten Sorten einschließlich

Tabelle 8
**Brusthöhendurchmesser in mm, Ki 7 und Stichprobe aus einer benachbarten P. silv.-Dickung, Aufnahme Aug. 1969 während der 12. Vegetationsperiode**

| Herkunft | BHD in mm |
|---|---|
| 2769 | 18,3 |
| 3132 | 43,7 |
| 3131 | 44,8 |
| 2777 | 41,4 |
| benachbarte P. silvestris | 37,8 |

Tabelle 9
**Varianzanalyse des Brusthöhendurchmessers von Stichproben aus dem Versuch Ki 7 und aus einer benachbarten P. silv.-Dickung**

| Ursache | Signifikanzen |
|---|---|
| zwischen Herkünften | +++ |
| zwischen Wiederholungen | — |
| Rest | |

Tabelle 10
**Duncan-Test. Signifikanz der Mittelwertsdifferenzen beim Merkmal Brusthöhendurchmesser.**

| Herkunft | 2769 | benachbarte P. silvestris | 2777 | 3132 |
|---|---|---|---|---|
| benachbarte P. silvestris | +++ | | | |
| 2777 | +++ | — | | |
| 3132 | +++ | ++ | — | |
| 3131 | +++ | ++ | — | — |

der P. silvestris-Stichprobe unterscheiden sich die Ponderosa-Herkünfte 3131 und 3132 signifikant von der P. silvestris (Tabelle 10). Die Durchmessermessungen haben das Bild noch etwas zugunsten der besten Ponderosa-Herkünfte verschoben. Es sieht so aus, als ob auf dem Standort der Fläche Ki 7 zur Zeit eine Verschiebung zugunsten der besten Ponderosa-Herkünfte erfolgt.

Im Gebiet der Versuchsfläche Ki 7 herrscht in diesem Jahr (1969) ein katastrophaler Lophodermium-Befall. Unsere einheimische Kiefer besitzt nur noch den diesjährigen Nadeljahrgang. Dagegen ist keine Schädigung auf der Ponderosa-Fläche festzustellen. Die Ponderosa-Kiefern besitzen 3 Nadeljahrgänge und sehen absolut gesund aus. Nur am 3. Nadeljahrgang sind absterbende und rötlich verfärbte Nadeln zu beobachten. Diese Symptome sind etwas auffälliger bei der Herkunft 2769 als bei den anderen Herkünften. Die Überprüfung auf Lophodermium-Befall ergab, daß bei P. silvestris alle untersuchten gebräunten Nadeln von Lophodermium pinastri befallen waren. Die geprüften verfärbten Nadeln der Ponderosa-Herkunft 2769 waren ebenfalls nahezu alle von dem Pilz befallen.

Im Gebiet der Fläche Ki 6 war dagegen ein recht geringer Schüttebefall an P. silvestris zu beobachten. Die untersuchten Nadeln waren aber fast alle von Lophodermium befallen. Hierzu muß bemerkt werden, daß nur gebräunte Nadeln untersucht wurden. Ponderosa-Nadeln von der Fläche Ki 6 waren dagegen nur in einigen wenigen Fällen vom Pilz befallen.

Der Pilz ist also in der Lage, altersschwache Ponderosa-Nadeln zu befallen. Er bewirkt aber keine sichtbare Schwächung der Pflanzen und keinen Ausfall der tätigen Assimilationsorgane des 1. und 2. Nadeljahrganges. Es ist zwar nicht völlig auszuschließen, daß der Pilz auf P. ponderosa spezialisierte schädigende Rassen entwickeln kann, aber augenblicklich muß ein wesentlicher wirtschaftlicher Vorteil gegenüber P. silvestris in der Schütteresistenz gesehen werden. Selbst wenn ihre Wüchsigkeit auf geeigneten

Standorten nur der der P. silvestris gleichzusetzen ist, spricht die Resistenz für die Ponderosa-Kiefer. Zahlenmäßig bedeutet das in Jahren, in denen die Schütte bekämpft werden muß, die Einsparung von ca. 50,— DM/ha bei einmaligem Spritzen bzw. von ca. 100,— DM/ha bei zweimaliger Bekämpfung.

Auf einen anderen wirtschaftlichen Vorteil weist Grabenstedt (3) hin. Er teilt mit, daß P. ponderosa wegen ihres raschen Jugendwachstums auf schwierigen Calamagrostis-Standorten den Gefahren im Kulturalter schneller entwächst und der Aufwand für Kulturpflegemaßnahmen dadurch geringer als bei P. silvestris ist.


### Zusammenfassung

Faßt man die bisherigen Versuchsergebnisse zusammen, so kann festgestellt werden:

1. Auf Standorten Nordwestdeutschlands mit mittlerer Nährstoff- und Wasserversorgung sind Pinus ponderosa-Herkünfte aus niederen Lagen des pazifisch-nordwestlichen Verbreitungsgebietes (Britisch-Columbien, Washington und Oregon) der Pinus silvestris bis zum Alter 10 in der Höhenwuchsleistung zumindest gleichwertig. Im Durchmesserzuwachs sind sie ihr überlegen. Auch wegen ihrer Schütteresistenz weisen diese Herkünfte auf diesen Standorten eindeutig wirtschaftliche Vorteile gegenüber Pinus silvestris auf.

2. Zur Prüfung der Anbaueignung von Pinus ponderosa für andere Wuchsgebiete und zur Feststellung bestangepaßter Herkünfte sind umfangreiche, über die Bundesrepublik weit gestreute Herkunftsversuche erforderlich. Dies gilt besonders für die armen, trockenen Dünensande Nordwestdeutschlands, für die keine der im vorliegenden Versuch enthaltenen Herkünfte in Frage kommt.



### Summary

Title of the paper: *Results of 2 Field Trials with 4 Pinus ponderosa provenances in Northwest Germany.*

1. The height growth to age 10 of northwestern pacific lowland *P. ponderosa* is equal to that of *P. sylvestris* on soils with medium water and mineral supply. The diameter growth is better. The immunity to needle cast is an advantage.

2. More trials on different sites and in other parts of the country are necessary which must include other provenances, especially those which seem promising for dry dune sands.

E. F. B.



### Résumé

Titre de l'article: *Premiers résultats tirés de deux expériences de terrain dans le NW de l'Allemagne portant sur quatre provenances de Pinus ponderosa.*

En rassemblant les résultats expérimentaux obtenus jusqu'à ce jour, on peut établir:

1) sur les stations du NW de l'Allemagne ayant des réserves nutritives et hydriques assez moyennes, les provenances de Pinus ponderosa de basse altitude de la partie nord-ouest de l'aire bordant le Pacifique (Columbie britannique, Etats de Washington et d'Orégon) sont au moins équivalentes au pin sylvestre jusqu'à un âge de 10 ans en ce qui concerne la croissance en hauteur et lui sont supérieures pour la croissance en diamètre. Compte tenu de leur résistance à la rouille, ces provenances constituent sur le plan économique un net progrès par rapport au pin sylvestre pour ce type de station.

2) pour savoir si le recours au Pinus ponderosa est indiqué pour d'autres stations et déterminer quelles sont les origines convenables, d'importantes expériences de provenance couvrant le territoire de la République Fédérale sont indispensables. Sont spécialement concernés les terrains sableux pauvres et secs du N-W du pays pour lesquels aucune des origines actuellement étudiées ne convient.

J. M.


### Literatur


1. Critchfilld, W. B., and Little, E. L. Jr.: Geographic distribution of the pines of the world. Miscellaneous Publication 991. U.S. Dept. of Agriculture, Washington D.C. For. Serv. 1966. — 2. Fowells, H. A.: Silvics of forest trees of the United States. Agricult. Handbook No. 271. U.S. Dept. of Agricult. Washington, D.C. 2050. For. Serv. 1965. — 3. Grabenstedt, H.: Pinus Ponderosa auf schwierigen Standorten. Forst- und Holzwirt 23 (21), 441 (1968). — 4. Harlow, W. M., and Ellwoods, S. H.: Textbook of Dendrology. 4. Ed. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York 1958. — 5. Mirov, N. T.: The Genus Pinus. The Ronald Press Company, New York 1958. — 6. Schütt, P.: Züchtung mit Kiefern. Teil I: Individualunterschiede und Provenienzversuche. Mitt. d. Bundesforschungsanstalt f. Forst- und Holzwirtschaft Nr. 40, S. 51 - 54 (1958). — 7. Squillace, A. E., and Silen, R. R.: Racial variation in Ponderosa Pine. For. Sci.-Monograph 2 (1962). — 8. Wells, O. O.: Geographic variation in Ponderosa Pine. I. The ecotypes and their distribution. Silv. Genetica 13 (4), 89 - 103 (1964). — II. Correlations between progeny performance and characteristics of the native habitat. Silv. Genetica 13 (5), 125 - 132 (1964). — 9. Wright, J. W.: Genetics of Forest Tree Improvement. FAO Forestry and Forest Products Studies No. 16, Rome 1962.


# Untersuchungen über die Niederschlags- und Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse in einigen Nadel- und Laubholzbeständen in der Nähe von Freiburg/Br.

## Teil I: Niederschlagsverhältnisse

(Mit 6 Abbildungen und 6 Tabellen)


Von G. Mitscherlich und W. Moll


### 1. Einleitung

Im Jahre 1963 wurde mit der Anlage einer ökologischen Versuchsstation in einem Douglasiendurchforstungsversuch der Bad.-Württ. forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt auf dem Uhlberg bei Freiburg i. Br. begonnen. (Mitscherlich et al. 1965/66). Dieser Versuch wurde 1964 durch die Anlage einer Vergleichsfläche in einem ca. 80jährigen Kiefernbestand mit Buche und Eiche im Zwischen- und Unterstand ergänzt. 1965 wurden dem Versuch noch einige weitere, wenn auch nur kleine Versuchsparzellen von Douglasie und Buche mittlerer Altersstufen und 1968 eine Douglasiendickung angeschlossen. Zum Vergleich dienten Messungen auf einer benachbarten Kahlfläche.

Während die ursprüngliche Anlage vorwiegend dem Ziele dienen sollte, die besonderen Verhältnisse des Mikroklimas bei verschiedener Durchforstung und ihren Einfluß auf den täglichen Gang des Höhenzuwachses und der Durchmesseränderung kennenzulernen, waren die letztgenannten Flächen vor allem der Untersuchung von Niederschlag, Interzeption und Stammablauf gewidmet.


Ohne die Mitarbeit von Herrn Dr. Künstle und Herrn Heilbrunner, die mit einer wechselnden Zahl von Studenten und Doktoranden die Außenaufnahmen durchführten und ohne die Mithilfe durch Frau Heilbrunner und Frau Hamel bei der Auswertung der Ergebnisse wäre die jahrelange Arbeit nicht zu

Tabelle 1

**Ertragskundliche Daten der Versuchsflächen auf dem Uhlberg bei Freiburg: Stand Oktober 1965**

| Fläche Nr. | Baumart | Alter | Beginn der Beobachtung | Behandlung | N Stück | $h_g$ m | $d_g$ m | G qm | V fm | Beschirmungsgrad % | Flächengröße ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Douglasie | 5 [1] | 1968 | unbehandelt | — | — | — | — | — | — | 0,01 |
| 2 | Douglasie | 13 | 1965 | unbehandelt | 2308 | 9,1 | 10,9 | 21,4 | 83 | — | 0,02 |
| 3 a | Douglasie | 29 | 1965 | starke Df. | 1267 | 18,2 | 17,7 | 31,2 | 259 | 64 | 0,06 |
| 3 b | Douglasie | 29 | 1965 | schwache Df. | 2016 | 17,2 | 15,7 | 39,0 | 314 | 69 | 0,06 |
| 4 a | Douglasie | 35 | 1963 | starke Df. | 800 | 19,8 | 22,9 | 33,9 | 286 | 70 | 0,14 |
| 4 b | Douglasie | 35 | 1963 | mäßige Df. | 1090 | 19,5 | 21,7 | 40,2 | 345 | 66 | 0,14 |
| 4 c | Douglasie | 35 | 1963 | schwache Df. | 1257 | 19,9 | 22,2 | 48,5 | 432 | 69 | 0,16 |
| 5 | Douglasie | 40 | 1965 | starke Df. | 533 | 24,5 | 30,7 | 39,3 | 407 | 74 | 0,09 |
| 6 | Buche | 40 | 1965 | starke Df. | 1167 | 17,5 | 17,3 | 27,6 | 243 | 88 | 0,06 |
| 7 | Kiefer | 77 | 1964 | Lichtung | 167 | 24,5 | 42,0 | 23,2 | 258 | 86 | 0,15 |
| | Buche | 80 | 1964 | mäßige Df. | 594 | 14,3 | 15,5 | 11,3 | 95 | | |
| | Eiche | 79 | 1964 | mäßige Df. | 87 | 20,4 | 26,4 | 4,8 | 50 | | |
| | | | | | 848 | | | 39,3 | 403 | | |

[1] Alter 1968.

bewältigen gewesen. Frau SCHREMPP fertigte mit großem Geschick die Abbildungen. Ihnen allen gilt unser herzlicher Dank.

Die Arbeiten wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Wissenschaftlichen Gesellschaft der Universität Freiburg und der Gesellschaft zur Förderung der Forstlichen Forschung unterstützt.

In Tabelle 1 werden die ertragskundlichen Daten der Versuchsflächen für den Stand vom Oktober 1965 mitgeteilt.

Die waldbauliche Behandlung der Versuchsflächen war die Folgende:

Die Dickung und das schwache Stangenholz (Fläche 1 und 2) wurden bisher nicht durchforstet.

Das 29jährige Douglasien-Stangenholz war vor Anlage des Versuchs nur schwach durchforstet worden. 1965 wurde in einer der beiden Flächen eine kräftige Auslesedurchforstung geführt (Fläche 3 a), die andere blieb — bis auf den gelegentlichen Aushieb trockener Bäume — unbehandelt (Fläche 3 b).

Die 35jährigen Douglasienflächen wurden erstmals 1953 gemeinsam im Sinne einer kräftigen Auslesedurchforstung durchforstet. 1957 folgte die Aufteilung des Bestandes in drei Durchforstungsflächen. Von ihnen wurde eine als starke Durchforstung weitergeführt (Fläche 4 a), eine weitere blieb bis auf den Aushieb der Dürren unbehandelt (Fläche 4 c). Die dazwischen liegende Fläche (Fläche 4 b) wurde mäßig durchforstet, so daß ihre Grundfläche in der Mitte zwischen der der starken und der schwachen Durchforstung lag.

Der 40jährige Douglasienbestand (Fläche 5) war von der Praxis als starke Niederdurchforstung behandelt worden. Hier fehlt es also an der planmäßigen Freistellung der Zukunftstämme, dafür wurde der Unterstand entfernt.

Die Buchenfläche (Fläche 6) wurde dagegen stets im Sinne einer kräftigen Auslesedurchforstung behandelt. Neben gut entwickelten, schlanken Zukunftsstämmen finden sich daher bei ihr zahlreiche unterständige Buchen.

Die Kiefer in dem Nadel-Laubholz-Mischbestand steht in Lichtungsstellung über einem geschlossenen Zwischen- und Unterstand von Buche und Eiche. In diesem Bestand wurden längere Zeit vor Anlage des Versuchs keine Nutzungen mehr vorgenommen.

## 2. Lage des Versuchs

Der Versuch liegt in 540 - 620 m ü. NN. auf dem Rücken und am Oberhang des Uhlbergs, dem letzten Ausläufer eines Höhenzugs, der sich von St. Peter im Schwarzwald von Ost nach West zur Rheinebene hinunterzieht, und zwar befinden sich sämtliche Flächen am Südhang dieses Höhenzuges. Fläche 1 und die Kahlfläche liegen in einer leichten Drehung des Hanges nach SSW.

Der Versuch befindet sich im zentralen Gneisgebiet des Südschwarzwaldes. Der Boden besteht aus einem plattigen, groben Schutt mit grusig anlehmigem Feinerdeanteil. Neben Gneismaterial sind Lößlehmreste bis in 1 m Tiefe in den aufgelockerten und blockig zerfallenen Gesteinsuntergrund infiltriert. In ganzen handelt es sich um einen sehr einheitlichen Boden, eine steinreiche, lehmige, schwach durchschlämmte, mäßig saure Braunerde. Die Flächen 4 a - c, die bis auf den Rücken des Höhenzugs hinaufreichen, sind dort etwas flachgründiger (ca. 50 - 70 cm) als die übrigen, etwas tiefer liegenden Flächen (70 - 110 cm). Bodenprofil und die Ergebnisse einer Bodenanalyse wurden bereits 1965/66 mitgeteilt.

## 3. Die Messung von Niederschlag, Kronendurchlaß und Stammablauf

Die Messung des Kahlflächenniederschlags erfolgte in den ersten Jahren mit einem heizbaren Regenschreiber (System LAMBRECHT), der eine Auffangfläche von 200 $cm^2$ in 1 m Meßhöhe hat. 1968 wurde der Regenschreiber so tief in den Boden eingegraben, daß seine Auffangfläche sich etwa 40 cm über dem Boden befand. Im gleichen Jahr wurde zur Kontrolle ein zweiter Regenschreiber in Vfl. 2 aufgestellt, und zwar wurde der Auffangtopf, mit einem „Altershield" versehen, 3 m über den Kronen an einem Stahlrohrgerüst befestigt. Von dort wurde der Niederschlag durch eine 12 m lange PVC-Leitung in den am Boden stehenden Schreiber geleitet (Abbildung 1). Der Schreiber war nicht heizbar und wurde daher nur in der Vegetationszeit eingesetzt.

Außer den Registrierungen mit dem Regenschreiber fanden auf der Kahlfläche Messungen von Niederschlagssummen mit Hilfe von 6 Meßgefäßen statt. Vom Herbst 1963 bis Frühjahr 1965 wurden dazu 1 kg Dosen mit 78 qcm Auffangfläche verwendet (KERN, 1966). Sie waren mit einem Plastiktrichter gegen Verdunstung geschützt und wurden wöchentlich geleert. Da sich jedoch zeigte, daß ihr Volumen für den Schneefall im Winter zu klein war (die Schneehauben rutschten seitlich ab), wurden ab Frühjahr 1965 einfache Blechgefäße mit 10 ltr. Inhalt, die gegen Verdunstung nach Angaben von BRECHTEL (1962) durch eine 6 mm starke Vaselinölschicht geschützt waren, verwandt. Ihre Auffangfläche betrug 410 qcm, ihre Höhe 25 cm. Außerdem standen sie auf kleinen, ebenen Holzgerüsten, so daß ihr oberer Rand sich etwa 34 cm über dem Boden befand. Mit Spritzwasser von außen ist daher nicht zu rechnen. Um das Herausspritzen von Wasser aus dem Innern zu

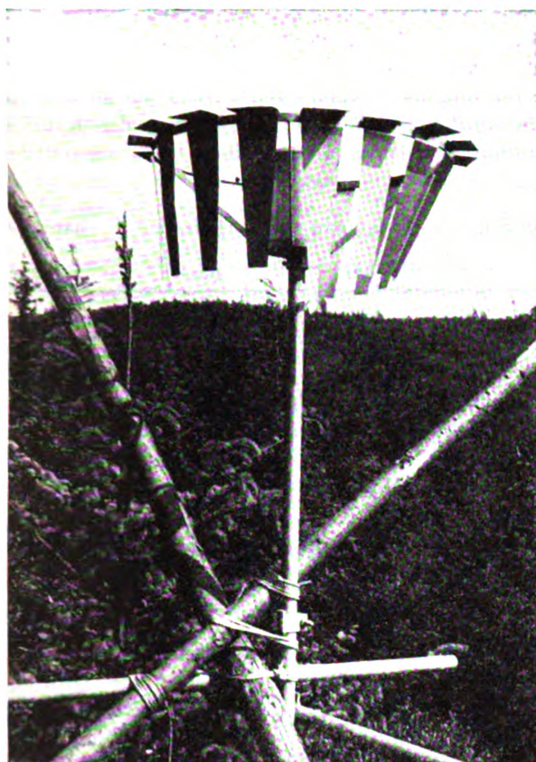


Abbildung 1
*Regenmesser über den Kronen mit Altershield*

verhindern, wurden die Gefäße geleert, sobald sie etwa halb voll waren. (Eine häufigere Leerung schien bedenklich, da das Wasser nicht von der Ölschicht zu trennen war und mit dem Ausgießen des Öles die Umgebung gefährdet wurde.) Die Messungen fanden monatlich mit Hilfe eines Maßstabes statt, der senkrecht in die Meßgefäße eingetaucht wurde. Die Ablesung wurde auf mm genau vorgenommen.

Die Ermittlung des *Kronendurchlasses in den Beständen,* also des Wassers, das durch die Kronen tropfte oder durch Kronenlücken zu Boden kam, wurde in dem 35jährigen Douglasien-Durchforstungsversuch (Fl. 4 a - c) und in dem Nadel-Laubholz-Mischbestand (Fl. 7), ebenfalls mit je einem nicht heizbaren Regenschreiber, der jährlich versetzt wurde, durchgeführt. Damit sollte ein Anhalt für die Zurückhaltung des Niederschlags bei verschiedenen Niederschlagshöhen gewonnen werden. Es war jedoch zu erwarten, daß mit einem einzigen Gerät keine ausreichende Repräsentation der sehr unterschiedlichen Bestandesverhältnisse gewonnen werden konnte, obwohl die Aufstellungsorte im Anhalt an Vorschläge von Kern (1966) so sorgfältig wie möglich ausgesucht wurden. Daher wurden in den Beständen bis zum Frühjahr 1965 1-kg-Dosen und von da ab 10-Ltr.-Meßgefäße (Totalisatoren) verwendet, die als Verdunstungsschutz jedoch nur eine 3 mm starke Vaselinölschicht erhielten. Von ihnen kamen in den meisten Flächen 10 - 11 Stück zur Aufstellung, die nach Empfehlungen von Reynolds et al. (1963) alle 14 Tage nach vorher festgelegtem Plan verstellt wurden. Damit ergaben sich für die Vegetationszeit zwischen 130 und 143 Meßpositionen je Fläche. In den Wintermonaten mußte die Verstellung der Gefäße wegen der Schneelage öfters unterbleiben. Es ergeben sich daher für das Winterhalbjahr nur etwa 70 - 100 Meßpositionen. Trotz der geringen Auffangfläche von 0,41 bis 0,45 qm je Fläche konnte auf diese Weise eine befriedigende Repräsentanz erreicht werden. Die mittleren Fehler betrugen im Sommer 1968 in fast allen Flächen nur 1,8 % des Kronendurchlasses. Die Ablesungen der Totalisatoren fanden monatlich statt, soweit das durch Frost und Schnee nicht ausgeschlossen war.

Auf die bei dem Deutschen Wetterdienst (1951) übliche Zugabe einer Clorcalciumlösung zum Auftauen des Schnees wurde verzichtet, denn es kam uns darauf an, diejenigen Wassermengen zu erhalten, die beim Wiederauftauen in den Boden einsickern würden. Die Schneeverdunstung sollte daher nicht ausgeschlossen werden.

Die Messung des *Stammablaufs* wurde in allen Flächen (mit Ausnahme der Fläche 4 b) mit Hilfe spiralig um die Bäume angebrachter Gummirinnen vorgenommen, die das Wasser durch einen PVC-Schlauch in ein 50-Ltr.-Meßgefäß ableiteten. Bei Bäumen mit hohem Stammabfluß waren mehrere solcher Meßgefäße hintereinandergeschlossen (Abbildung 2). Die Ablesung erfolgte monatlich an den halbdurchsichtigen Gefäßen mit einem Meßstab auf mm genau von außen auf zwei gegenüberliegenden Seiten. Die Umrechnung auf Ltr. erfolgte mit Hilfe einer Eichkurve. Um die Meßbäume möglichst repräsentativ auszuwählen, wurden alle Bäume eines Bestandes nach ihrem Durchmesser geordnet und jeder 7. Baum zum Meßbaum bestimmt. Auf diese Weise wurde der Stammablauf von rd. 15 % aller Bäume — gleichmäßig auf alle Durchmesser verteilt — erfaßt. Es war nicht schwierig, daraus den Stammablauf je ha in Litern und in mm Niederschlagshöhe zu berechnen.

Während der Wintermonate wurde das Ablesen oft durch Eisbildung verhindert. Die Gefäße hielten dem Eisdruck jedoch ohne jegliche Beschädigung und ohne bleibende Maßänderung stand, so daß die Ablesungen nach dem Auftauen wieder aufgenommen werden konnten.

Messungen des Stammabflusses — getrennt für einzelne Regenfälle, wie sie für den Durchlaß mit Hilfe der Regenschreiber vorgenommen wurden — mußten aus Gerätemangel unterbleiben.

Kronendurchlaß und Stammablauf zusammen werden als *Bestandesniederschlag* bezeichnet.

Zieht man von dem Freilandniederschlag den Bestandesniederschlag ab, so erhält man diejenigen Niederschlagsmengen, die nicht zu Boden gelangen, sondern bei der Interzeption in den Kronen festgehalten werden und — bis auf geringe, direkt von den Blättern aufgenommene Teile — von dort aus verdunsten. Wir bezeichnen diesen Teil des Niederschlags als *Interzeptionsverlust.*

**4. Das Ergebnis der Niederschlagsmessungen auf der Kahlfläche**

In Tabelle 2 werden die Meßergebnisse auf der Kahlfläche getrennt für die Sommer- und Winterhalbjahre mitgeteilt. Die beiden Termine (1. 4. und 30. 9. jeden Jahres) decken sich annähernd



Abbildung 2
*Meßanordnung in der Buchen-Versuchsfläche*
Man erkennt von links nach rechts einen Kasten zum Auffangen von Laub, an den beiden linken Starkbuchen zwei Auxographen, eine meteorologische Hütte für den Thermohygrographen, die Messung des Stammablaufs mit drei Plastikgefäßen und einen Regenschreiber mit zwei Auffangrinnen.

Tabelle 2

| Zeit-raum | *Winter* Totali-satoren | Zeit-raum | Regen-schreiber | *Sommer* Totali-satoren | Regenschrei-ber in % der Totalisatoren |
|---|---|---|---|---|---|
| | mm | | mm | mm | % |
| 1963/64 | — | 1964 | 288 | 315 | 91 |
| 1964/65 | — | 1965 | ? [1]) | 847 | ? |
| 1965/66 | 493 | 1966 | ? [1]) | 661 | ? |
| 1966/67 | 390 | 1967 | 581 | 621 | 94 |
| 1967/68 | 620 | 1968 | 911 | 937 | 97 |

[1]) Summenbildung wegen mehrfachen Ausfalls der Schreibwerke nicht möglich.

mit dem Beginn des Austreibens und dem Beginn des Blattabfalls bei den Laubbäumen.

Die Tabelle läßt erkennen, daß in dem Untersuchungsgebiet die Sommerniederschläge höher sind als die Winterniederschläge. Sie machen rd. 60% des Jahresniederschlags aus. Ein Vergleich der Jahre 1964 und 1968 zeigt, daß in der gesamten Beobachtungsperiode sehr erhebliche Unterschiede zwischen trockenen und feuchten Jahren erfaßt wurden.

Im übrigen liegen die Niederschlagssummen des Regenschreibers stets etwas unter denen der Totalisatoren. Durch das Eingraben des Regenschreibers im Frühjahr 1968 wurde der Unterschied zwar verringert, aber nicht ganz behoben. Er dürfte darauf zurückzuführen sein, daß der Regenschreiber mit einem schräg nach unten geneigten Windschild versehen ist und die Kanten des Auffanggefäßes nach innen abgeschrägt sind, während die Totalisatoren völlig zylindrisch sind. So wird der Wind über den Regenschreibern etwas stärker nach oben abgedrängt und führt dabei offenbar etwas mehr an Niederschlag über die Auffangöffnung des Gerätes hinweg. Außerdem entsteht bei dem Regenschreiber ein gewisser Interzeptionsverlust im Auffangtrichter, während die Totalisatoren kaum einen Interzeptionsverlust haben dürften. Soweit möglich, wurden für den Vergleich daher die Werte der Totalisatoren herangezogen.

Die SSW-Exposition der 300 m entfernten Kahlfläche ließ die Frage aufkommen, ob ihre Meßergebnisse auch denen der meisten nach S exponierten Bestände entspricht oder ob wesentliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Meßstellen bestehen. Zu diesem Zweck wurde ab Frühjahr 1968 — wie erwähnt — der Niederschlag auch über den Kronen der Fläche 2 aufgefangen. Nun läßt sich sicherlich nicht annehmen, daß bei dieser völlig anderen Art der Aufstellung die gleichen Resultate wie bei der Aufstellung des Regenschreibers auf der Kahlfläche eintreffen müssen. Gesetzmäßige Verschiedenheiten wären aber doch wohl zutage getreten.

Es zeigte sich jedoch nur, daß die meist von W oder SW kommenden Regenschauer auf der Kahlfläche um einige Minuten früher einsetzten als in der Fläche 2. Insgesamt wurden vom 9. 5. bis zum 28. 8. 1968 auf der Kahlfläche 461 mm, über dem Kronendach der Fläche 2 445 mm, d. h. also 96,5% des Kahlflächenniederschlags gemessen. Eine Überprüfung der Einzelniederschläge mit einer Varianzanalyse mit zweifacher Gruppierung (Murda, 1958) zeigte, daß der Unterschied nicht gesichert sondern rein zufällig war. Die Totalisatoren-Messungen auf der Kahlfläche konnten danach als Bezugsbasis für den Vergleich mit den Beständen ohne Bedenken herangezogen werden.

Schließlich war noch zu klären, ob durch eine hangparallele Aufstellung der Meßgefäße wesentlich andere Niederschlagsmengen erfaßt werden als durch eine waagerechte Stellung. In den Beständen schien uns die waagerechte Aufstellung vorteilhafter zu sein, da bekanntlich im Bestande die Tropfen größer sind als im Freien und daher nicht so leicht verweht werden können (Chapman, 1948, Ovington, 1954). Außerdem beträgt die Windgeschwindigkeit im Stammraum nur etwa 2/3 derjenigen der Kahlfläche (Mitscherlich et al. 1965/66). Die Wahrscheinlichkeit, daß Regen durch den Sturm über die Auffangflächen der Totalisatoren hinweggefegt wird, ist hier also geringer als im Freien.

Wie die folgende Übersicht zeigt, ergab sich an dem nach der Hauptwindrichtung (SW) offenen Südhang der Kahlfläche im Durchschnitt eine leichte Überlegenheit bei hangparalleler Aufstellung.

| Aufstellung: | waagerecht | hangparallel | hangparallel in % von waagerecht |
|---|---|---|---|
| | mm | mm | |
| Sommer 1966 | 661 | 677 | 102,4 |
| Sommer 1967 | 414 | 423 | 102,2 |

Der Unterschied der verschiedenen Aufstellungsarten ist nicht erheblich. Nach einer durchgeführten Varianzanalyse sind die Unterschiede nicht gesichert. Daher wurde bei den weiteren Messungen die waagerechte Aufstellung beibehalten.

## 5. Ergebnisse der Niederschlagsmessung in den Beständen

### *5.1 Die Beziehung zwischen dem Einzelniederschlag auf der Kahlfläche und im Bestand*

Der Niederschlag, der auf einen Wald fällt, benetzt zunächst die Blätter, Nadeln und Zweige und bei schräger Drift auch eine Hälfte der Stämme. Erst bei heftigeren Schauern oder länger anhaltendem Regen beginnt es, durch die Kronen durchzutropfen. Daneben fällt ein geringer Teil des Niederschlags von vornherein auch durch Lücken im Kronendach direkt zu Boden. Wir bezeichnen diesen durch die Kronen tropfenden und durch die Lücken zu Boden gelangenden Niederschlag nach Weihe (1968) als Kronendurchlaß (throughfall).

Mit der Zunahme des Kahlflächenniederschlags nimmt der Kronendurchlaß zu. Sind die Kronen völlig trocken und fällt der Niederschlag in einem einzigen größeren Schauer, so wird von den Kronen so viel Wasser zurückgehalten, wie für ihre Benetzung nötig ist. Diese sogenannte Benetzungs- oder Speicherkapazität ist eine für jeden Bestand charakteristische Größe, die in einem gewissen Rahmen schwankt.

Das liegt daran, daß ein Teil des Regens, je nach der Luftfeuchtigkeit und der zur Verfügung stehenden Wärmeenergie gleich zu Beginn verdunstet. Es handelt sich hierbei jedoch nur um geringe Beträge. Ein weiterer Teil kann durch Aufnahme in das Blattinnere verloren gehen. Durch diese beiden Umstände wird die Speicherkapazität erhöht. Durch den Wind werden die Tropfen dagegen von Blatt und Zweigen abgeschüttelt, in diesem Fall ist die Speicherkapazität kleiner.

Bei völlig trockenen Kronen und einem geschlossenen Regenschauer wird man erwarten dürfen, daß der Kronendurchlaß ($N_D$) gleich dem Kahlflächenniederschlag ($N_K$) minus der Speicherungskapazität ist. Das wurde z. B. bei der 35jährigen Douglasien-Versuchsfläche mit starker Durchforstung (Fl. 4a) gefunden, bei der sich für den Kronendurchlaß bei mindestens 12stündigem Abstand von Regen zu Regen folgende Gleichung ergab:

$$N_D = 1{,}00\ N_K - 1{,}60\ \text{mm}$$

Die Speicherkapazität des stark durchforsteten Douglasienbestandes macht danach also 1,6 mm aus. Für die mäßige und die schwache Durchforstung (Fl. 4b und 4c) ergaben sich Werte von 3,1 und 2,4 mm. Der Kiefern-Laubholz-Mischbestand (Fl. 7) hat eine Speicherkapazität von 1,6 mm.

Delfs et al. (1958) geben für Fichtenbestände aus dem Harz als Speicherkapazität Werte von 0,6 bis 4,0 mm an. Leyton (1967) fand bei einem 23jährigen Fichtenbestand in England einen Wert von 1,5 mm. Nach Mitteilungen von Zinke (1967) liegt die Speicherkapazität amerikanischer Bestände etwa in gleicher Höhe. Für Tannenarten werden dort Werte von 3,8 - 7,6 mm, für Kie-

fernarten 0,3 - 3,0 mm und für Laubholzmischbestände solche von 0,2 - 2,0 mm genannt. Die auf dem Uhlberg bei Freiburg gefundenen Werte bewegen sich also durchaus in der üblichen Größenordnung.

Niederschläge, die auf völlig trockene Kronen treffen und in einem größeren, geschlossenen Schauer fallen, sind indessen selten. Meistens fällt der Regen nicht in einem Guß sondern mit gewissen Unterbrechungen, während derer ein Teil des Niederschlags wieder verdunsten kann. Diese Verdunstung hängt von der jeweils zur Verfügung stehenden Wärmeenergie, dem Gradienten der Luftfeuchtigkeit zwischen dem nassen Blatt und der umgebenden Luft und dem Wind ab, der immer wieder neue, trockenere Luft in die Nähe der Blätter bringt. Es ist selbstverständlich, daß die Kronenoberflächen, die besonders exponiert sind, rascher abtrocknen als das Innere der Kronen. Tagsüber geht die Abtrocknung infolge der höheren Energie und der größeren Windgeschwindigkeit im allgemeinen rascher von statten als nachts. Jedenfalls wird die Speicherkapazität bei unterbrochenen Regenfällen nicht nur einmal, sondern nach jeder Unterbrechung wieder erneut aufgefüllt.

In vielen Fällen ist der Niederschlag aber auch gar nicht hoch genug, um die Kronen völlig zu benetzen. Oft wird nur die Kronenoberfläche, manchmal auch nur die Luvseite der Kronen benetzt, während das Kroneninnere oder die Leeseite trocken bleibt.

Zur Erfassung durchschnittlicher Verhältnisse wird die Kenntnis der Speicherkapazität daher nur von geringem Nutzen sein, denn es beginnt im Bestand bereits durchzuregnen bevor die Speicherkapazität voll aufgefüllt ist, andererseits wird bei höheren Niederschlägen mehr Wasser zurückgehalten als der Speicherkapazität entspricht.

Um die Durchschnittsverhältnisse zu erfassen, bedarf es nun einer genauen Definition, was als gesonderter Regenfall zu betrachten ist. In vielen Fällen, wenn es z. B. alle 2 - 3 Tage einmal kurz regnet, bestehen darüber keine Meinungsverschiedenheiten. In regenreichen Perioden ist eine solche Definition jedoch von Bedeutung. Denn wenn man eine halbe Stunde Differenz zwischen zwei Niederschlägen für ausreichend hält, um von einem neuen Regen zu sprechen, erhält man ganz andere Beziehungen zwischen Kahlflächenniederschlag und Kronendurchlaß, als wenn man 10 Stunden Differenz für nötig erachtet. Denn bei kurzer Differenz erhält man relativ viele Schwachregen, bei denen nach der ersten Auffüllung die Speicherkapazität nur zu einem Teil wieder aufgefüllt werden muß. Der Kronendurchlaß wird also relativ hoch sein. Bei langen Differenzen aber ergibt sich eine größere Anzahl von Starkregen, bei denen jedesmal die ganze Benetzungskapazität voll aufgefüllt werden muß und noch während des „Regens" eine zusätzliche Verdunstung zur Zeit kurzfristiger Unterbrechungen stattfindet. Der Kronendurchlaß ist also entsprechend niedriger.

Um Anhaltspunkte für die Bemessung dieses Zeitraumes zu gewinnen, wurden Douglasienzweige verschiedener Größe in Wasser getaucht, kurz abgeschüttelt und in einem temperaturkonstanten Raum bei 18° C und 80 % rel. Luftfeuchtigkeit aufgehängt. Im Durchschnitt einer größeren Zahl von Messungen ergab sich dabei eine Trocknungsdauer von rd. 3 Stunden.

Auf Grund dieser Voruntersuchungen wurde das Beobachtungsmaterial der Jahre 1964 - 1968 in Einzelniederschläge gegliedert und der Kronendurchlaß für jeden Niederschlag getrennt ermittelt.

Um das umfangreiche Material besser bearbeiten zu können, wurde es nach der Höhe der Kahlflächenniederschläge zu folgenden Gruppen zusammengefaßt: unter 0,5 mm, 0,6 - 1,0 mm, 1,1 - 3,0 mm, 3,1 - 5,0 mm, 5,1 - 10,0 mm, 10,1 - 20,0 mm und über 20,0 mm. Für diese Gruppen wurde jahrgangweise das Mittel des Kahlflächen-Niederschlags und des Kronendurchlasses berechnet und die Ergebnisse graphisch aufgetragen.

Wie Abbildung 3, die die Beziehung zwischen dem Kahlflächenniederschlag und dem Kronendurchlaß für die 35jährige Douglasienfläche mit starker und schwacher Durchforstung (Fläche 4a und 4c) erkennen läßt, zeigt, findet bis etwa 1 mm Kahlflächenniederschlag überhaupt kein Kronendurchlaß statt. Bei 2 mm beträgt er etwa 0,5 mm. Von 3 mm Kahlflächenniederschlag schwenken die hier nicht ausgezogenen Ausgleichskurven

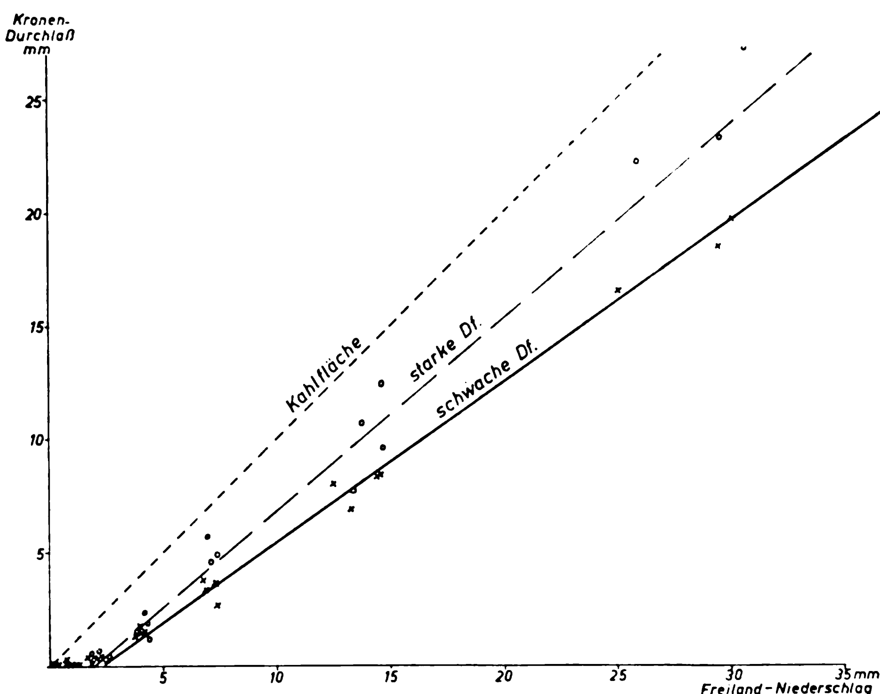



Abbildung 3
*Beziehung zwischen Kronendurchlaß und Freilandniederschlag*
*bei der Douglasienversuchsfläche mit starker und schwacher Durchforstung.*
Im Bereich geringer Freilandniederschläge ist der Kronendurchlaß völlig unbedeutend.
Von etwa 3 mm Freilandniederschlag an nimmt der Kronendurchlaß fast geradlinig zu.
Er ist bei der starken Durchforstung wesentlich größer als bei der schwachen.

dann in eine Gerade ein. Mit anderen Worten kann man die Beziehung zwischen Kahlflächenniederschlag und Durchlaß durch eine Regressionsgerade darstellen, wenn man die Schwachregen unter 3 mm außer acht läßt. Eine Prüfung der Linearität, die liebenswürdigerweise Herr Dozent Dr. SCHÖPFER von der Abteilung Biometrie durchgeführt hat, ergab, daß ein derartiger Ausgleich gerechtfertigt ist. Diese Beziehung ist schon mehrfach aufgezeigt worden (DELFS, et al. 1958, LEIKOLA, 1969, LEYTON, 1963, WEIHE, 1968 u. a.).

Für die Bestände, in denen Regenschreiber aufgestellt werden konnten, ergaben sich folgende Regressionsgeraden für die Beziehung zwischen Kronendurchlaß ($N_D$) und Kahlflächenniederschlag ($N_K$) über 3 mm:

35jährige Douglasie, starke Durchforstung
(Fl. 4a): $N_D = 0{,}85\ N_K - 1{,}81$

35jährige Douglasie, mäßige Durchforstung
(Fl. 4b): $N_D = 0{,}83\ N_K - 3{,}10$

35jährige Douglasie, schwache Durchforstung
(Fl. 4c): $N_D = 0{,}71\ N_K - 2{,}39$

80jähriger Nadel-Laubholz-Mischbestand
(Fl. 7 ): $N_D = 0{,}81\ N_K - 1{,}57$

Mit Zunahme der Durchforstungsstärke wird der Regressionskoeffizient, der dem Tangens des Steigungswinkels entspricht, immer größer, d. h. der Durchlaß nimmt, wie zu erwarten, zu. Die Konstante der Gleichung entspricht etwa der Speicherkapazität des Bestandes.

Die Streuung um die Regressionsgerade wird durch die geringe Auffangfläche der Regenschreiber (200 cm²) bedingt, die die wechselnden Niederschlagsverhältnisse im Bestand nur näherungsweise erfassen. Sie ließe sich durch eine größere Zahl von Regenschreibern oder — nach einem Vorschlag von WEIHE (1968) — durch den Einsatz von Regenrinnen mit angeschlossenen Pegelschreibern sicherlich verringern.

### *5.2 Der Kronendurchlaß in den verschiedenen Beständen*

Die Versuchsanlagen bieten 4 Vergleichsmöglichkeiten. Zunächst kann geprüft werden, ob sich in den verschiedenen Flächen der Kronendurchlaß im Laufe des Jahres gesetzmäßig verändert. Dann kann untersucht werden, welchen Einfluß das Alter der Douglasienbestände für den Kronendurchlaß hat. Anschließend kann der Einfluß der Durchforstung bei den Douglasienbeständen geprüft werden und schließlich kann ein Vergleich zwischen den beobachteten Baumarten durchgeführt werden.

Zur allgemeinen Übersicht sei eine Tabelle über den Kronendurchlaß aller untersuchter Bestände vorausgestellt. (Tabelle 3)

Nach dieser Tabelle schwankt der Kronendurchlaß im Sommer von Jahr zu Jahr um ± 2 - 3 %, der Kronendurchlaß im Winter um ± 3 - 4 %. Diese Schwankungen sind neben den Streuungen der Messungen im Bestand durch die ungleiche Häufigkeit von schwächeren und stärkeren Niederschlägen bedingt, die zusammen mit den wechselnden Wärme- und Windverhältnissen bald zu einer größeren, bald zu einer geringeren Verdunstung des zurückgehaltenen Niederschlags führten.

Wie unterschiedlich die Häufigkeit höherer und geringerer Niederschläge ist, möge Tabelle 4 zeigen.

Die Niederschlagshäufigkeit von Schwach- und Starkregen in den verschiedenen Sommern ist danach recht unterschiedlich. Die Anzahl der Niederschläge unter 2 mm betrug z. B. im Sommer

**Tabelle 3**
**Der Kronendurchlaß nach den Totalisatorenmessungen**

| | | | Douglasie | | | | | | | | Buche | Kiefer Buche, Eiche |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fläche: | | Kahlfl. | 1 | 2 | 3 a | 3 b | 4 a | 4 b | 4 c | 5 | 6 | 7 |
| Alter, Jahre: | | | 8 | 13 | 29 | 29 | 35 | 35 | 35 | 40 | 40 | 80 |
| Durchforstung: | | | — | — | st. | schw. | st. | m. | schw. | st. | st. | Li/m. Df. |
| SO. 1964 | mm | 315 | — | — | — | — | 177 | — | 155 | — | — | — |
| | % | 100 | | | | | 56 | | 49 | | | |
| SO. 1965 | mm | 847 | — | — | — | — | 530 | 517 | 419 | — | — | 542 |
| | % | 100 | | | | | 63 | 61 | 49 | | | 64 |
| WI. 1965/66 | mm | 493 | — | 233 | 270 | 224 | 282 | 255 | 201 | 249 | 317 | 306 |
| | % | 100 | | 47 | 55 | 45 | 57 | 52 | 41 | 50 | 64 | 62 |
| SO. 1966 | mm | 661 | — | 344 | 473 | 394 | 465 | 421 | 356 | 435 | 432 | 495 |
| | % | 100 | | 52 | 72 | 60 | 70 | 64 | 54 | 66 | 65 | 75 |
| WI. 1966/67 | mm | 390 | — | 210 | 245 | 193 | 215 | 202 | 175 | 203 | 261 | 251 |
| | % | 100 | | 54 | 63 | 49 | 55 | 52 | 45 | 52 | 67 | 64 |
| SO. 1967 | mm | 621 | — | 362 | 434 | 370 | 427 | 385 | 335 | 408 | 402 | 436 |
| | % | 100 | | 58 | 70 | 60 | 69 | 62 | 54 | 66 | 65 | 70 |
| WI. 1967/68 | mm | 610 | 578 | 347 | 301 | 274 | 290 | 279 | 233 | 320 | 372 | 354 |
| | % | 100 | 93 | 57 | 49 | 45 | 48 | 46 | 38 | 53 | 61 | 58 |
| SO. 1968 | mm | 937 | 908 | 557 | 600 | 561 | 639 | 582 | 511 | 590 | 574 | 654 |
| | % | 100 | 97 | 59 | 64 | 60 | 64 | 58 | 55 | 63 | 61 | 70 |
| SO. i. D. | % | 100 | 97 | 57 | 68 | 60 | 69 | 63 | 54 | 65 | 63 | 71 |
| WI. i. D. | % | 100 | 93 | 53 | 55 | 46 | 53 | 49 | 41 | 52 | 64 | 61 |
| Jahr | % | 100 | 95 | 55 | 63 | 54 | 62 | 57 | 49 | 59 | 64 | 67 |

SO = Sommerhalbjahr, WI = Winterhalbjahr.
Die Durchschnittswerte beziehen sich — bis auf Fläche 1 — auf die Beobachtungszeit ab Winter 1965/66 (1. 10. 1965).
Im Winter 1967/68 wurden gegen Weihnachten Mängel an den Meßgefäßen festgestellt und am 17. 1. 1968 eine völlig neue Serie von Meßgefäßen aufgestellt. Als Meßperiode konnte daher nur die Zeit vom 17. 1. bis 31. 3. 1968 verwandt werden. Die für den Winter 1967/68 mitgeteilten Einzelwerte wurden aus dem relativen Kronendurchlaß dieser Periode und den Kahlflächenwerten, die für den ganzen Winter zuverlässig sind, extrapoliert.

Tabelle 4
**Anzahl der Niederschläge auf der Kahlfläche im Sommer- und Winterhalbjahr**

| Menge des Einzel-niederschlags in mm: | | 0,5 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 7,5 | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | über 45 | Zus. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sommer: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1964 | Anzahl: | 13 | 8 | 6 | 3 | 7 | 4 | 6 | 1 | 1 | 1 | — | 1 | — | — | 51 |
| 1965 | Anzahl: | 29 | 19 | 9 | 12 | 5 | 14 | 8 | 4 | 3 | 1 | 2 | — | — | 1 | 107 |
| 1966 | Anzahl: | 66 | 13 | 8 | 8 | 8 | 16 | 10 | 3 | 2 | 2 | — | — | — | — | 136 |
| 1967 | Anzahl: | 22 | 11 | 11 | 5 | 6 | 16 | 4 | 5 | 3 | — | 3 | 1 | 1 | — | 88 |
| 1968 | Anzahl: | 29 | 14 | 6 | 10 | 2 | 25 | 13 | 4 | 2 | 3 | 1 | — | — | 3 | 112 |
| Sommer-halbjahr 1964/68 | Prozent | 32 | 13 | 8 | 8 | 6 | 15 | 8 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | — | 1 | 100 |
| Winter-halbjahr 1965/66 - 1967/68 | Prozent | 37 | 20 | 11 | 8 | 3 | 13 | 4 | 3 | — | 1 | — | — | — | — | 100 |

1964 = 41 %, 1966 = 58 %, in den Sommern 1967 und 1968 aber nur je 38 % der Anzahl aller Niederschläge.

Die prozentuale Aufschlüsselung der Niederschläge für das Sommer- und Winterhalbjahr zeigt außerdem, daß auf dem Uhlberg im Sommer mehr Starkniederschläge niedergehen als im Winter. Einzelniederschläge von mehr als 10 mm machen im Sommer 18 % aller Niederschläge aus, im Winter dagegen nur 8 %. Niederschläge unter 2 mm sind dafür im Winter mit 57 % aller Fälle häufiger als im Sommer mit 45 %. Danach ist zu erwarten, daß im Winter ein größerer Anteil der Niederschläge in den Kronen zurückgehalten wird als im Sommer.

### 5.21 Die Änderung des Kronendurchlasses im Jahresablauf

Zur Feststellung des Kronendurchlasses im Jahresablauf wurden die monatlichen Meßergebnisse der Totalisatoren von 1966 - 1968 zusammengefaßt. Abbildung 4 bringt das Ergebnis der Berechnung. In ihr sind die Messungen aller Douglasienbestände und die Messungen des Buchen- und des Kiefern-Laubholz-Mischbestandes zu je einer Kurve vereinigt. (In dem Mischbestand überwiegen die Blattmassen des Laubholzes (Kie 35 %, Bu 44 %, Ei 21 %). Eine Zusammenfassung mit dem reinen Buchenbestand schien daher zulässig.)

Der Kronendurchlaß liegt danach in dem Laubholz- bzw. Mischbestand im Durchschnitt über dem der Douglasienbestände. Er hat im Winter (Dezember bis März) seinen höchsten Wert, sinkt dann mit dem Austreiben im April - Mai rasch und mit der Kräftigung

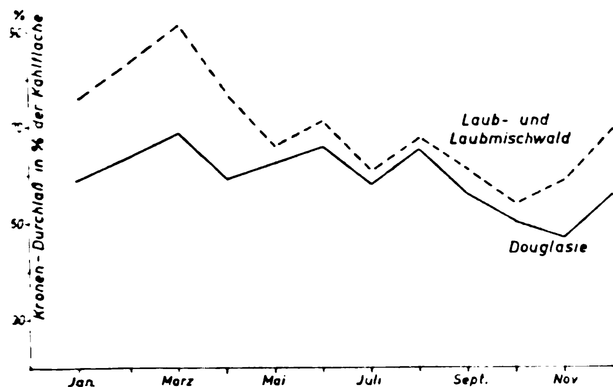



Abbildung 4
*Kronendurchlaß in Prozent des Niederschlags auf der Kahlfläche im Jahresablauf.*
Bei dem Laub- und Laubmischwald-Bestand ist der Kronendurchlaß deutlich höher als in dem Douglasienbestand. Vor allem gilt das für die Wintermonate.

der Blätter im Laufe des Sommers weiterhin langsam ab, um im Oktober kurz vor dem Blattabfall seinen Tiefstwert zu erreichen. Die Abnahme in den Sommermonaten entspricht Untersuchungen von van Miegrot (1965), der während der Sommermonate eine Abnahme der Transmission der Blätter feststellen konnte. Die Abnahme vom Winter zum Sommer und die Zunahme des Kronendurchlasses gegen den Winter sind statistisch gesichert. Sie wurden bereits von Molchanov (1966) und anderen Forschern hervorgehoben.

Bei der Douglasie sind die Unterschiede im Jahresgang nicht so deutlich ausgeprägt wie beim Laubholz. Bei den geringen jahreszeitlichen Änderungen ihrer Nadelmassen ist das auch nicht zu erwarten.

Vergleicht man die Durchschnittswerte für das Sommer- und das Winterhalbjahr miteinander (Tabelle 3, unten), so fällt in den meisten Flächen der niedrigere Kronendurchlaß im Winter sogleich ins Auge. Er ist vermutlich auf die größere Häufigkeit von Schwachniederschlägen und das seltenere Auftreten stärkerer Niederschläge gegenüber dem Sommer zurückzuführen (vgl. Tabelle 4). Eine Ausnahme davon macht erwartungsgemäß die Buchenfläche, die im Winter einen etwas größeren Kronendurchlaß hat. Doch wirkt sich auch bei ihr die unterschiedliche Häufigkeit von Schwach- und Starkniederschlägen deutlich aus, denn trotz des während der größten Zeit des Winters fehlenden Laubes ist der Kronendurchlaß nicht wesentlich größer als in den Sommermonaten.

### 5.22 Die Änderung des Kronendurchlasses mit dem Alter der Douglasie

Für die Beziehung zwischen dem Durchlaß und Bestandesalter ergibt sich folgende Übersicht:

| Fläche Nr. | 1 | 2 | 3 a | 3 b | 4 a | 4 c | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alter in Jahren (Stand 1965) | 5 [1] | 13 | 29 | 29 | 35 | 35 | 40 |
| Durchforstung | — | — | st. | schw. | st. | schw. | st. |
| Kronendurchlaß in Prozent des Kahlflächen-niederschlags | 97 | 57 | 68 | 60 | 69 | 54 | 65 |

[1]) Alter 1968.

Wie zu erwarten, ist der Kronendurchlaß in der etwa 2 m hohen, noch nicht geschlossenen Douglasiendickung am größten. Er nähert sich hier stark dem Niederschlag auf der Kahlfläche. Ja, gelegentlich wurden sogar Niederschläge gefunden, die höher

als die Kahlflächenniederschläge sind, was auf die starke Windberuhigung in der Dickung bei ausreichender Größe noch nicht überschirmter Plätze hinweist.

Das 13jährige, 12 m hohe Stangenholz hat den zweitniedrigsten Kronendurchlaß. Mit seinen etwa 6 - 8 m langen Kronen hat es offenbar die gleiche, wenn nicht sogar eine größere Zweig- und Nadelmasse wie die älteren, zum Teil stärker durchforsteten Bestände. In dem kurzen Zeitraum zwischen dem 5. und dem 13. Jahr spielt sich also der Übergang von Verhältnissen, die der Kahlfläche ähneln, zu denen des dicht geschlossenen Bestandes ab. Von da ab ist kein eindeutiger Einfluß des Alters auf den Kronendurchlaß mehr zu erkennen.

Diese Untersuchung steht im Gegensatz zu Beobachtungen im Harz, wo DELFS (1958) an vier verschieden alten Fichtenbeständen eine deutliche Abnahme des Kronendurchlasses mit steigendem Alter feststellen konnte. Die Ursache dieses Widerspruchs dürfte in den ganz anderen Klima- und Umweltverhältnissen und darin zu suchen sein, daß wir es mit zwei sehr verschiedenartigen Baumarten zu tun haben. Das Wachstum der Douglasie auf dem Uhlberg ist außerordentlich hoch. Trieblängen von 90 cm sind keine Seltenheit. Mit 13 Jahren haben wir bereits ein dicht geschlossenes Stangenholz mit über 6 m langen Kronen vor uns. Die Fichte wächst dagegen in dem rauheren Klima und auf den ungünstigeren Böden des Harzes sehr viel langsamer. Sie hat dort außerdem stark unter Schneebruch und Schälschäden zu leiden. Obwohl nähere Untersuchungen nicht vorliegen, wird man annehmen dürfen, daß das Maximum an Nadelmasse dort erst in viel höherem Alter erreicht wird als bei der Douglasie in den unteren Lagen des Schwarzwaldes. Wie KERN (1966) zeigen konnte, ist aber für die Niederschlagszurückhaltung die Nadelmasse die entscheidende Größe. In Situationen, in denen das Maximum an Nadelmasse erst in höheren Jahren erreicht wird, ist daher auch oft dann ein Minimum an Kronendurchlaß zu erwarten.

Im übrigen darf man nach den Untersuchungen von BURGER (1953) und VANSELOW (1951) annehmen, daß der Kronendurchlaß in noch älteren Beständen wieder abnimmt. Beide Forscher fanden bei ihren Kronenuntersuchungen in Fichtenbeständen, daß das Reisigfrischgewicht und damit die den Niederschlag zurückhaltenden Nadel- und Zweigmasse mit zunehmendem Alter wieder abnimmt. Auch MOLCHANOV (1957) fand bei Kiefernbeständen eine Zunahme des Kronendurchlasses mit dem Alter. Leider fehlen in unserer Versuchsreihe Douglasienbestände höheren Alters, so daß die Vermutung nicht nachgeprüft werden konnte.

### 5.23 Kronendurchlaß und Durchforstung

Der Einfluß der Durchforstung geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

| Fläche Nr. | 3 a | 3 b | 4 a | 4 b | 4 c |
|---|---|---|---|---|---|
| Alter | 29 | | | 35 | |
| Durchforstung | stark | schwach | stark | mäßig | schw. |
| Kronendurchlaß in Prozent des Kahlflächenniederschlags | 63 | 54 | 62 | 57 | 49 |

Durch starke Durchforstungseingriffe wird demnach der Kronendurchlaß in unseren Douglasienbeständen gegenüber der schwachen Durchforstung um 9 - 13 % vermehrt. Der Unterschied zwischen allen möglichen Vergleichspaaren ist nach dem t-Test mit 1 % Überschreitungswahrscheinlichkeit gesichert.

Nach Kronenuntersuchungen hat die schwach durchforstete Douglasienfläche 4 c ein Nadeltrockengewicht von rd. 11 800 kg/ha, die stark durchforstete Fläche 4 a aber nur ein solches von 8 500 kg, also nur 72 % davon (MITSCHERLICH et al. 1965/66). Gemessen an diesen Unterschieden der Nadelmassen ist der Unterschied im Kronendurchlaß auffällig gering. Das liegt vermutlich an der besseren Luftzirkulation in der starken Durchforstung. Im oberen Kronenbereich wurden bei der starken Durchforstung nämlich Windgeschwindigkeiten gemessen, die das anderthalbfache derjenigen in der schwachen Durchforstung betrugen. Dadurch verdunstet das an den Nadeln und Zweigen zurückgehaltene Wasser bei Unterbrechungen des Niederschlags rascher als in der schwachen Durchforstung. Jedenfalls kann eine nennenswerte Erhöhung des Kronendurchlasses erst bei viel stärkeren Auflichtungen erreicht werden, die unter den vorliegenden Verhältnissen jedoch wegen der Sturmgefahr nicht zu verantworten wären. (In Fläche 4 b und 4 a kam es bereits zu Einzelwürfen. Ein größerer Schaden konnte nur durch Anseilen der am meisten gefährdeten Bäume verhindert werden.)

In der Praxis wird man bei einem Übergang zu starken Durchforstungen nicht einmal den oben aufgeführten Mehrertrag an Kronendurchlaß erwarten dürfen, denn es wird stets stärker durchforstet, als es bei der schwachen Durchforstung geschah. Die mögliche Steigerung des Kronendurchlasses dürfte in der Praxis unter den vorliegenden Verhältnissen daher 5 - 10 % kaum überschreiten.

Im übrigen entwickeln sich die Kronen auf der stark durchforsteten Fläche besser als bei schwacher Durchforstung. Die Lücken schließen sich wieder und der Kronendurchlaß nimmt mit den Jahren ab. So ging die Differenz zwischen dem Kronendurchlaß der starken und der schwach durchforsteten Flächen vom Sommer 1966 zum Sommer 1968 bei der Versuchsreihe 3 von 12 % auf 4 % und bei der Versuchsreihe 4 von 16 % auf 9 % zurück. Im Winter läßt sich ein Rückgang von 10 % auf 4 % bzw. von 16 % auf 10 % beobachten. Die Wirkung der Durchforstung hält also nicht an. Kein Wunder, ist es doch das Ziel der Durchforstung, den verbleibenden Bäumen einen größeren Wuchsraum, eine bessere Kronenentwicklung und einen erhöhten Zuwachs zu verschaffen!

### 5.24 Vergleich der Baumarten

Zum Baumartenvergleich können die Buchenfläche (Fl. 6) und der Mischbestand (Fl. 7) den Douglasienflächen gegenübergestellt werden. Im Sommer ist der Kronendurchlaß in der Buche demjenigen der Douglasienflächen so gut wie ebenbürtig. Jedenfalls findet im Buchenbestand kein größerer Durchlaß statt. Anders steht es mit dem Kiefern-Laubholz-Mischbestand, dessen Kronendurchlaß dem der schwach und mäßig durchforsteten Douglasienflächen überlegen ist. Zwischen der 35jährigen Douglasie mit mäßiger Durchforstung und dem Mischbestand, die beide etwa die gleiche Grundfläche haben, ist der Unterschied z. B. hochsignifikant. Die locker stehenden Schattenblätter des Zwischen- und Unterstands der Fläche 7 halten also sehr viel weniger Niederschlag zurück, als die kräftigeren Sonnenblätter der herrschenden Buchen von Fläche 6.

Im Winter ist der Kronendurchlaß sowohl im reinen Buchenbestand wie im Mischbestand dagegen merklich höher als in den Douglasienbeständen. Wir hatten das bereits bei der Besprechung von Abbildung 4 gesehen.

## 6. Der Stammablauf

Der Niederschlag gelangt nicht nur als Kronendurchlaß sondern auch als Stammablauf zu Boden. In Tabelle 5 wird eine Übersicht über die Meßergebnisse des Stammablaufs gegeben.

Danach ist auch der Stammablauf auf dem Uhlberg im Sommer größer als im Winter, und zwar nicht nur in mm Regenhöhe sondern auch in Prozenten des Niederschlags der Kahlfläche. Die Ursache dafür dürfte einerseits in dem höheren Betrag der Sommerniederschläge (740 mm gegenüber nur 498 mm im Winter), andererseits aber wieder darin liegen, daß die Sommerniederschläge häufiger als Starkregen niedergehen als die Winterniederschläge.

Tabelle 5
**Der Stammablauf**
**in mm Niederschlagshöhe und in Prozent des Freilandniederschlags**

| Fläche Durchforstung | | Kahl-flächen-niederschl. | Douglasie 1 — | 2 — | 3a st. | 3b schw. | 4a st. | 4b m. | 4c schw. | 5 st. | Buche 6 Hdf. | Kiefer Eiche, Buche 7 Li/m. Df. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SO. 1964 | mm | 315 | — | — | — | — | 12 | | 17 | — | — | — |
| | % | 100 | | | | | 4 | | 5 | | | |
| SO. 1965 | mm | 847 | — | — | — | — | 48 | | 94 | — | — | 30 |
| | % | 100 | | | | | 6 | | 11 | | | 4 |
| WI. 1965/66 | mm | 493 | — | 65 | 36 | 56 | 29 | | 50 | 22 | 69 | 19 |
| | % | 100 | | 13 | 7 | 11 | 6 | | 10 | 5 | 14 | 4 |
| SO. 1966 | mm | 661 | — | 88 | 53 | 77 | 36 | | 76 | 33 | 91 | 22 |
| | % | 100 | | 13 | 8 | 12 | 5 | | 12 | 5 | 14 | 3 |
| WI. 1966/67 | mm | 390 | — | 58 | 29 | 30 | 20 | | 40 | 20 | 57 | 12 |
| | % | 100 | | 15 | 7 | 8 | 5 | | 10 | 5 | 15 | 3 |
| SO. 1967 | mm | 621 | — | 80 | 38 | 53 | 24 | | 55 | 24 | 74 | 18 |
| | % | 100 | | 13 | 6 | 9 | 4 | | 9 | 4 | 12 | 3 |
| WI. 1967/68 | mm | 610 | — | 58 | 29 | 36 | 21 | | 39 | 15 | 52 | 12 |
| | % | 100 | | 10 | 5 | 6 | 3 | | 6 | 3 | 9 | 2 |
| SO. 1968 | mm | 937 | 23 | 122 | 71 | 121 | 47 | | 107 | 40 | 121 | 18 |
| | % | 100 | 3 | 13 | 8 | 13 | 5 | | 11 | 4 | 13 | 2 |
| SO. i. D. | % | 100 | 3 | 13 | 7 | 11 | 5 | | 11 | 4 | 13 | 3 |
| WI. i. D. | % | 100 | — | 12 | 6 | 8 | 5 | | 9 | 4 | 12 | 3 |
| Jahr | % | 100 | 3 | 13 | 7 | 10 | 5 | | 10 | 4 | 13 | 3 |

SO. = Sommerhalbjahr, WI. = Winterhalbjahr
Die Durchschnittswerte beziehen sich — bis auf Fläche 1 — auf die Beobachtungszeit ab Winter 1965/66 (1. 10. 1965).

Von den untersuchten Douglasienbeständen hat die Dickung mit ihren nur 2 m hohen Bäumchen den geringsten Stammabfluß. Er steigt dann aber mit zunehmendem Alter und Höhe sehr rasch an und erreicht in dem 13jährigen schwachen Stangenholz (Fläche 2) bereits den größten Wert von allen Douglasienbeständen. Die Kronen sind in diesem Bestand schon voll entwickelt. Sie nehmen daher viel Niederschläge auf, die durch die in der Jugend besonders steil gestellten Äste dem Stamm zugeleitet werden. Hier läuft das Wasser auf der glatten Rinde ohne allzu große Verluste ab. Mit weiterer Zunahme des Alters geht der Stammabfluß dann wieder merklich zurück. Schon im 29jährigen und noch mehr im 35jährigen Stangenholz ist er kleiner. Den geringsten Stammablauf hat das 40jährige Baumholz. Bei diesem Bestand ist ein großer Teil der unteren Kronenäste bereits horizontal gestellt. Die Niederschläge werden also nur aus den oberen Kronenteilen dem Stamm zugeleitet. Außerdem hat sich mittlerweile eine rissige Borke gebildet, die sehr viel mehr Wasser aufzunehmen vermag und entsprechend weniger Niederschläge zum Boden ablaufen läßt. Vermutlich wird bei 60 - 70jährigen Douglasien der Stammablauf auf Beträge von 1 - 2 % zurückgehen. Leider fehlen Untersuchungen in so alten Beständen.

Die Unterschiede im Stammablauf zwischen den verschieden alten Beständen sind bis auf den Vergleich zwischen Dickung und Baumholz nach dem t-Test hochsignifikant.

Der Vergleich verschieden stark durchforsteter Bestände bestätigt auch nach längerer Beobachtungszeit unsere schon 1965/66 mitgeteilten Ergebnisse: Der Stammablauf ist bei der schwachen Durchforstung anderthalbfach bis doppelt so groß wie bei der starken Durchforstung. Das liegt vermutlich daran, daß in den schwach durchforsteten Beständen die Äste steiler gestellt sind als bei starker Durchforstung, wo sich die Kronen mehr in die Breite entwickeln und wo sie sich infolgedessen stärker absenken. Damit wird mehr Niederschlag dem Stamm zugeleitet. Außerdem wird durch den dichten Schluß das Stärkenwachstum des Einzelbaumes und damit auch seine Borkenbildung zurückgehalten, ganz abgesehen davon, daß viele schwache, glattrindige Stämme noch im Bestand vorhanden sind. Die Speicherkapazität der Rinde ist daher im Durchschnitt aller Bäume bei der schwachen Durchforstung kleiner als bei den dickeren, grobborkigeren Stämmen der starken Durchforstung.

Die Unterschiede zwischen dem Stammablauf der stark und schwach durchforsteten Bestände ist in beiden Vergleichspaaren mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 1 % gesichert.

Bei dem starken alters- und durchforstungsbedingten Wechsel des Stammablaufs kann ein Baumartenvergleich naturgemäß keine einheitlichen Ergebnisse bringen.

Der Buchenbestand ist im Stammablauf dem schwachen Douglasienstangenholz ebenbürtig, den älteren Stangenhölzern und dem Baumholz dagegen erheblich überlegen. Die Buche ist ja seit langem für hohe Stammabläufe bekannt (Eidmann, 1959). Ihre schräg gestellten Kronenäste leiten das Wasser gut dem Stamm zu, an dessen glatter Rinde es ohne wesentliche Verluste zu Boden rinnen kann.

Auch dem Kiefern-Laubholz-Mischbestand ist der Buchen-Reinbestand im Stammablauf überlegen. Denn Kiefer und Eiche haben wegen ihrer starken Borke nur einen minimalen Stammablauf. Auch die niedrigen Buchen des Unterstand zeigen keine hohen Ablaufwerte. Nur einige zwischenständige und im herrschenden Kronendach stehende Buchen weisen einen höheren Ablauf auf, der das Gesamtergebnis des Mischbestands aber nicht wesentlich zu erhöhen vermag.

Die Beziehungen zwischen dem Stammablauf des Einzelbaumes und charakteristischen Baummerkmalen, wie etwa dem Durchmesser der Stammgrundfläche usw. sind von Baumart zu Baumart von unterschiedlicher Straffheit. So wurde z. B. in Abbildung 5 die Beziehung zwischen dem durchschnittlich jährlichen Stamm-

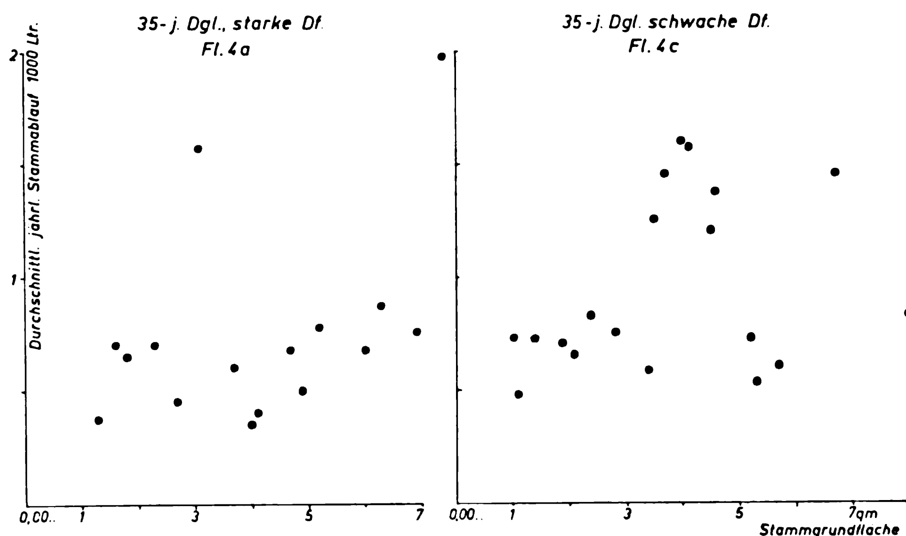



**Abbildung 5**
*Durchschnittlich jährlicher Stammablauf in Abhängigkeit von der Stammgrundfläche bei der Douglasie.*
Zwischen der Stammgrundfläche und dem Stammablauf besteht bei der Douglasie keine Korrelation.

ablauf und der Stammgrundfläche für die schwach und die stark durchforsteten 35jährigen Douglasienbestände (Fl. 4 a und 4 c) dargestellt. Danach besteht bei der Douglasie zwischen beiden Größen kein statistisch gesicherter Zusammenhang. Das gleiche wurde für das Verhältnis zwischen Stammablauf und der Höhe, der Kronenschirmfläche und dem Kronenvolumen gefunden.

Bei der Buche (Abbildung 6) hingegen ist eine relativ straffe Korrelation zwischen Stammablauf und Stammgrundfläche zu beobachten, die durch eine Regressionsgleichung dargestellt werden kann. Der Regressionskoeffizient, der die Zunahme des Stammablaufs je Einheit der Stammgrundfläche angibt, ist statistisch gesichert.

Die Unterschiede zwischen Douglasie und Buche sind aus dem ganz verschiedenen Aufbau ihrer Kronen und der Art ihrer Borke bzw. Rinde zu erklären. Die Buchenäste leiten die Niederschläge wie Teile eines Trichters dem Stamme zu. Die meisten Buchen stehen etwas schräg oder sind leicht gekrümmt, haben also eine mehr nach oben und eine mehr nach unten gewandte Stammseite. An dieser Unterseite rinnt das Wasser in relativ schmaler, dunkel gefärbter Bahn zu Boden, um hier im unmittelbaren Schaftbereich sofort zu versickern. Vermutlich folgt es dabei den in den Boden

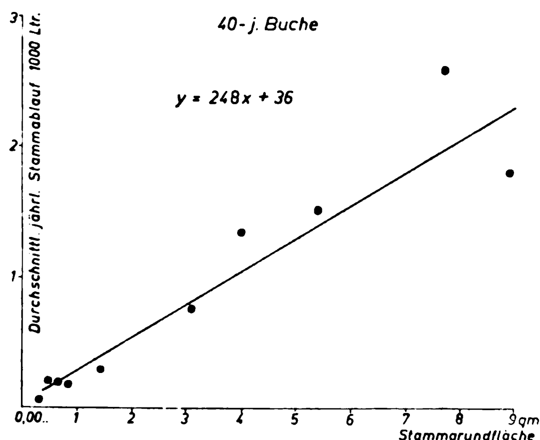



Abbildung 6
*Durchschnittlich jährlicher Stammablauf in Abhängigkeit von der Stammgrundfläche der Buche.*
Der Stammablauf nimmt bei der Buche mit der Stammgrundfläche linear zu. Die Korrelation ist relativ straff.

eindringenden Wurzeln. Jedenfalls konnte auch bei starken Regenfällen nur selten Wasser der Stammabläufe mehr als 30 - 40 cm vom Stamm entfernt beobachtet werden.

Die Douglasienäste leiten das Wasser dagegen in geringem Umfang dem Schaft zu. Denn während die Buchenäste in den meisten Fällen steil angesetzt sind — nur die untersten Äste stehen horizontal — finden wir bei der Douglasie viel häufiger horizontal stehende Seitenäste. Außerdem ist bei der Buche die Rinde bei allen Bäumen einheitlich hart und glatt. Bei der Douglasie dagegen findet sich zwar teilweise noch die jugendliche Spiegelrinde, zu einem großen Teil ist aber auch bereits eine grobrissige Borke vorhanden.

Je nach Aststellung und Borkenbildung muß bei der Douglasie aber der Stammablauf ganz verschieden sein. Versuche, durch Einschätzen der Astwinkel und der Borkenbildung Beziehungen zum Stammablauf herzustellen, waren in einer Reihe von Fällen erfolgreich, doch gab es daneben auch eine Anzahl von Bäumen, bei denen keine Beziehungen zu finden waren. Offenbar gibt es in den spitzkronigen Douglasienbeständen mit ihrer großen Rauhigkeit besondere aerodynamische Verhältnisse (Bereiche besonders hoher Turbulenz, aber auch Zonen stärkeren Windschutzes), die die Verhältnisse noch weiter komplizieren.

## 7. Interzeptionsverlust

Der Interzeptionsverlust, d. h. der Anteil der Niederschläge, der in den Kronen zurückgehalten wird und von dort aus direkt verdunstet, kann berechnet werden, indem man Kronendurchlaß und Stammablauf vom Freilandniederschlag abzieht.

In Tabelle 6 geben wir eine Übersicht über den so berechneten Interzeptionsverlust auf dem Uhlberg.

Die Werte von Tabelle 6 beziehen sich auf die Zeit vom Winter 1965/66 bis zum Sommer 1968. Nur für Fläche 1 liegen ausschließlich Werte aus dem Jahre 1968 vor. Für Fläche 1 liegen für den Winter 1967/68 und für Fläche 4 b für die ganze Beobachtungszeit keine Stammabflußmessungen vor. Sie wurden im Anhalt an andere Beobachtungen gutächtlich ergänzt.

Das Ergebnis von Tabelle 6 ist eindeutig. Bei der Douglasie ist der Interzeptionsverlust in der noch nicht geschlossenen Dickung (Fläche 1) völlig unerheblich.

Schon das schwache Stangenholz (Fläche 2) hat dagegen — trotz seines hohen Stammablaufs — einen recht beträchtlichen

Tabelle 6
**Interzeptionsverlust in Prozenten des Niederschlags auf der Kahlfläche**

| Baumart | Douglasie | | | | | | | | Buche | Kiefer Buche, Eiche |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fläche | 1 | 2 | 3 a | 3 b | 4 a | 4 b | 4 c | 5 | 6 | 7 |
| Durchforstung | — | — | st. | schw. | st. | m. | schw. | st. | Hdf. | Li/m. Ndf. |
| Sommer | 0 | 30 | 25 | 29 | 26 | 29 | 35 | 31 | 24 | 26 |
| Winter | 4 | 35 | 39 | 45 | 43 | 44 | 51 | 44 | 24 | 36 |
| Jahr | 2 | 32 | 30 | 36 | 33 | 36 | 41 | 36 | 24 | 30 |

Interzeptionsverlust, der dem der älteren Bestände kaum nachsteht und etwa 1/3 des Freilandniederschlags ausmacht. Je älter die Bestände werden und je geringer damit der Stammablauf wird, desto mehr nimmt der Interzeptionsverlust zu.

Bei den verschieden durchforsteten Flächen findet insofern ein gewisser Ausgleich statt, als bei der schwachen Durchforstung dem geringen Kronendurchlaß ein relativ großer Stammablauf entspricht. Die Differenz zwischen starker und schwacher Durchforstung geht im Interzeptionsverlust daher auf 6 - 8 % zurück. Bedenkt man, daß in der Praxis die Bestände meistens nicht schwach sondern mäßig durchforstet werden, so würde ein Übergang zur starken Durchforstung daher nur einen Gewinn von vielleicht 3 - 4 % des Kahlflächenniederschlags erbringen. Die Stärke der Durchforstung in dem wegen der Sturmgefahr tragbaren Rahmen (zwischen einem Bestockungsgrad von 0,7 bis 1,1 der Ertragstafel von Maurer, 1968) ist also für den Interzeptionsverlust kaum von Belang. Erst bei Lichtungen dürfte sich die Verminderung der Kronenmasse auch in der Interzeption auswirken. Die Ursache für diesen Befund ist darin zu suchen, daß der Regen fast nie senkrecht fällt sondern fast stets schräg in den Bestand getrieben wird. Kleine Lücken im Kronendach können sich daher kaum auswirken. Erst wenn die Lücken so groß sind, daß auch bei schrägem Regenfall der Regen direkt zwischen den Kronen hindurch zu Boden dringen kann, wird der Interzeptionsverlust stärker abnehmen können.

Von den untersuchten Baumarten hat der reine Buchenbestand den geringsten Interzeptionsverlust. Mäßiger Kronendurchlaß und hoher Stammablauf ergänzen sich bei ihr besonders günstig.

Der Kiefern-Laubholz-Mischbestand hat infolge seines geringen Stammablaufs dagegen einen fast ebenso hohen Interzeptionsverlust wie die Douglasienbestände.

Auffällig ist auch bei dem Interzeptionsverlust der Unterschied zwischen Sommer und Winter. Auf seine Ursachen wurde bereits hingewiesen.

*Ausdrücklich sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß Kronendurchlaß, Stammablauf und Interzeptionsverlust nur Teilkomponenten des Wasserkreislaufs des Waldes sind. Sie geben für die Grundwasserspeisung nicht den Ausschlag. Der Boden, der für die Versickerung und Wasserspeicherung maßgebend ist, sowie die Verdunstung durch den Bestand und die Bodendecke müssen bei einer Gesamtbetrachtung mit berücksichtigt werden. Vielfach liegt die Bedeutung des Waldes auch weniger in der Lieferung möglichst großer Wassermengen als in der Lieferung von reinem, sauberem Wasser bzw. in der Wasserregulierung.*

## 8. Zusammenfassung

In verschieden alten und verschieden stark durchforsteten Douglasienbeständen, in einem Buchenbestand und einem Mischbestand aus Kiefer in der Oberschicht und Buche und Eiche in der Zwischen- und Unterschicht (Tabelle 1) wurden vom Sommer 1964 bis zum Sommer 1968 Messungen des Kronendurchlasses und des Stammablaufs durchgeführt. Messungen des Freilandniederschlags auf einer benachbarten Kahlfläche und des Niederschlags über den Kronen gestatteten die Ermittlung des Interzeptionsverlustes.

Wie bekannt, nimmt der Kronendurchlaß mit der Höhe des Freilandniederschlags zu, wobei sich deutliche Unterschiede zwischen den verschieden starken Durchforstungen und zwischen den Baumarten ergaben (Abbildung 3).

Der Kronendurchlaß ist bei der Douglasie im Dickungsstadium am größten, sinkt dann im Stangenholzalter aber auf den tiefsten Wert ab, um später wieder etwas zuzunehmen (Tabelle 3). Er kann sich durch die Durchforstung um etwa 5 - 10 % steigern. Doch läßt der Mehrertrag an Kronendurchlaß mit den Jahren wieder nach. Der Kronendurchlaß war bei der Douglasie im Sommer durchweg größer als im Winter, was vermutlich an den unterschiedlichen Niederschlagshöhen und -verteilungen in den beiden Halbjahren liegt (Tabelle 4). Bei der Buche fand sich kaum ein Unterschied (Tabelle 5).

Der Stammablauf ist in der Dickung am geringsten, erreicht dann aber wenige Jahre später im jungen Stangenholz seinen Höchstwert, um mit zunehmendem Alter und der damit verbundenen Verborkung und Absenkung der Äste wieder abzunehmen. Die Buche hat einen Stammablauf, der von der Douglasie nur im schwachen Stangenholz erreicht wird. Der Stammablauf des Kiefern-Laubholz-Mischbestands liegt noch unter dem der Douglasienbestände.

Der Interzeptionsverlust des Bestandes beträgt bei der Douglasie zwischen 30 und 41 % des Freilandniederschlags. Die Unterschiede zwischen stark und schwach durchforsteten Beständen sind wegen der Gegenläufigkeit von Kronendurchlaß und Stammablauf nicht größer als 6 - 8 %. Der Interzeptionsverlust des Mischbestands ist mit 30 % ein wenig kleiner. Der der Buche liegt mit 24 % am niedrigsten.

## Summary

Title of the paper: *Investigations into the Rainfall and Soil Moisture Conditions in Conifer and Broadleaf Stands near Freiburg. I. Rainfall Conditions.*

Throughfall and stemflow were recorded from summer, 1964, to summer, 1968, in Douglas fir stands of different ages and density and in one stand of pure beech, and one mixed stand of Scots pine over beech/oak understorey (tab. 1). Control records were made on the open and above the canopies.

Throughfall increases with amount of rainfall and varies with species and thinning grade (fig. 3). The peak in Douglas fir is at thicket stage, is lowest at pole stage, and increases somewhat at later ages (tab. 3). Thinning may increase throughfall by 5 - 10 %, but difference diminishes some years after thinning. Throughfall in Douglas fir is greater during summer, probably as a result of seasonal rainfall pattern (tab. 4). Little difference between summer and winter was found in beech (tab. 5).

Stemflow is smallest at thicket stage, has a peak in young pole stands and then decreases with formation of bark and flat branching. The stemflow in beech is greater than in Douglas fir, which only during pole stage attains comparable values. The stemflow is smallest in the mixed pine-broadleaf stand.

In the Douglas fir stands loss through interception is between 30 and 41 % of the rainfall in the open. Average differences in

interception rates between thinning grades are less than 6 to 8 % as a result of the compensating effects of canopy throughfall and stemflow trends. The mixed stand intercepts 30 % and the beech stand 24 %. E. F. B.


**Résumé**

Titre de l'article: *Recherches sur les precipitations et l'humidite du sol dans quelques peuplements resineux et feuillus des environs de Fribourg en Brisgau. — 1ère Partie: Precipitations.*

Entre l'été 1964 et l'été 1968, on a effectué des mesures des quantités d'eau traversant les couronnes et ruisselant le long des fûts dans des peuplements de Douglas d'âges variés et éclaircis plus ou moins intensément, ainsi que dans un peuplement mélangé: Pin sylvestre dans l'étage dominant, Hêtre et Chêne dans l'étage intermédiaire et en sous-étage. Les mesures des précipitations en terrain nu effectuées dans une coupe à blanc voisine et celles des précipitations sous les couronnes permirent d'évaluer les pertes dues à l'interception.

Il est bien connu que les quantités d'eau traversant la couronne augmentent en même temps que l'importance des précipitations et qu'il existe des différences nettes suivant l'intensité des éclaircies et suivant les essences (figure 3).

Pour le Douglas, les quantités de pluie traversant la couronne sont maximales au stade fourré, minimales au stade perchis, puis ensuite augmentent à nouveau (tableau 3). L'éclaircie les accroît de 5 à 10 % environ. Cependant, l'augmentation des quantités traversant la couronne s'amenuise avec les années. Toujours pour le Douglas, le pourcentage d'eau de pluie traversant la couronne était généralement plus élevé en été qu'en hiver, ce qui est vraisemblablement lié aux différences dans l'importance et la répartition des précipitations entre des deux périodes de l'année (tableau 4). Pour le Hêtre, de telles différences sont à peine décelables (tableau 5).

Quant à l'eau ruisselant le long des fûts, les quantités sont minimales au stade fourré, mais atteignent leur maximum peu d'années plus tard, dès le stade jeune perchis; ultérieurement, elles rediminuent quand l'âge s'accroît; ceci est lié aux modifications de la structure de l'écorce et de l'angle d'insertion des branches. Pour le Hêtre, les quantités d'eau ruisselant le long du fût sont celles que l'on constate seulement au stade jeune perchis chez le Douglas. Dans le peuplement mélangé Pin sylvestre — feuillus, le ruissellement le long du fût est encore moindre que dans les peuplements de Douglas.

Pour le Douglas, les pertes dues à l'interception des couronnes s'établissent entre 30 et 41 % des précipitations en terrain découvert. Par suite du comportement opposé entre l'eau traversant la couronne et celle ruisselant le long des fûts, les différences, selon que les peuplements sont fortement et faiblement éclaircis, ne dépassent pas 6 à 8 %. Dans les peuplements mélangés, les pertes dues à l'interception sont de l'ordre de 30 %, donc un peu moindres que dans ceux de Douglas. Enfin, c'est dans les peuplements de Hêtre qu'avec 24 %, elles sont les plus faibles.


**Literatur**


Brechtel, H. M.: Methodische Beiträge zur Ökologie der Überschirmung und Auflichtung einschichtiger Waldbestände. Schriftenreihe der Bad.-Württ. Landesforstverwaltung, H. 14, 1962. — Burger, H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. XIII. Fichten im gleichaltrigen Hochwald. Mitt. Schweiz. Anst. f. Forstl. Versuchswesen, 29 : 38 - 130, 1953. — Chapman, G.: Seize of raindrops and their striking force at the soil surface in a red pine plantation. Amer. Geophys. Union. Trans. 29 : 664 - 670, 1948. — Deutscher Wetterdienst: Anleitung für die Beobachter an den Wetterbeobachtungsstellen des Deutschen Wetterdienstes. Bad Kissingen, 1951. — Delfs, J.: Die Niederschlagszurückhaltung im Walde. Mitt. d. Arbeitskreises Wald und Wasser, H. 2, 1955. — Delfs, J., Friedrich, W., Kiesekamp, H., und Wagenhoff, A.: Der Einfluß des Waldes und des Kahlschlages auf den Abflußvorgang, den Wasserhaushalt und den Bodenabtrag. Aus dem Walde, H. 3, 1958. — Eidmann, F. E.: Die Interzeption in Buchen- und Fichtenbeständen. Publ. No. 48, AIHS, Gentbrugge, 1959. — Grunow, J.: Die Niederschlagszurückhaltung in einem Fichtenbestand am Hohenpeißenberg und ihre meßtechnische Erfassung. Fw. Cbl. 84 : 212 - 229, 1965. — Kern, K. G.: Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald. Schriftenreihe d. Forstl. Abt. d. Albert-Ludwigs-Univ. Freiburg. Bd. 5, 1966. — Leikola, M.: The influence of environmental factors on the diameter growth of forest trees. Auxanometric study. Acta For. Fennica Vol 92, 1969. — Maurer, P.: Das Wachstum der Douglasie im Schwarzwald. Schriftenr. Lfv. Baden-Württemberg. Bd. 25, 1968. — Mitscherlich, G., Moll, W., Künstle, E., und Maurer, P.: Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen im Rein- und Mischbestand. AFJZ 136: 225 - 238, 249 - 257, 274 - 283; 137: 1 - 13, 25 - 33, 72 - 90, 101 - 115, 1965/66. — van Migroet: Die Lichttransgression und die Lichtreflexion bei den Blättern einiger Laubbaumarten. Schweiz. Z. f. Fw. 116 : 556 - 589, 1965. — Molchanov, A. A.: Die hydrologische Rolle des Kiefernwaldes auf Sandböden. Deutscher Bauernverlag, Berlin, 1957. — Ders.: The hydrological role of forests. Israel Progr. Sci. Transl. 2. Aufl. Jerusalem, 1966. — Ovington, J. D.: A comparison of rainfall in different woodlands. Forestry, 27 : 41 - 53, 1954. — Reynolds, E. R. C., und Leyton, L.: Measurement and significance of troughfall in forest stands. In: The Water relations of plants. Blackwell Sci. Publ. Oxford, 1963. — Vanselow, K.: Krone und Zuwachs der Fichte in gleichaltrigen Reinbeständen. Fw. Cbl. 70 : 705 - 719, 1951. — Weihe, J.: Zurückhaltung von Regenniederschlägen durch Buchen und Fichten. AFZ, 23 : 86 - 90, 1968. — Ders.: Niederschlagszurückhaltung durch Wald. AFZ, 23 : 522 - 524, 1968. — Zinke, P. J.: Forest interception studies in the United States. In: Forest Hydrology. Ed. Sopper W. E. und Lull, H. W. Pergamon Press, Oxford, 1967.


# Klonabhängiges Verhalten bei Pinus nigra Arnold gegenüber Scleroderris lagerbergii Gremmen


Aus dem Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Schmalenbeck, der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek


(Mit 6 Abbildungen und 2 Tabellen)


Von B. R. Stephan


Seit einigen Jahren ist in einer Schwarzkiefern-Samenplantage im Forstamt Rendsburg ein Absterben einjähriger Langtriebe zu beobachten. Im Frühjahr 1969 trat das Triebsterben in besonders starkem Umfang auf. Daraufhin wurde die Schadensursache genauer untersucht. Die Fläche wurde im Jahre 1952 mit 260 Pfropflingen von 14 Klonen des Rendsburger Gebietes begründet. Als Unterlage diente *Pinus montana* Mill. Die Samenplantage wurde deswegen angelegt, weil *Pinus nigra* Arn. im Küstengebiet weniger windempfindlich ist als *P. sylvestris* L. und als widerstandsfähiger gegenüber dem Erreger der Kiefernschütte *(Lophodermium pinastri)* gilt.


Der Landesforstverwaltung Schleswig-Holstein, mit der die Samenplantage gemeinsam angelegt wurde, sei für die gute Zusammenarbeit gedankt. Zu Dank verpflichtet sind wir auch Herrn Oberförster K.-H. Hoyermann, Heidbunge, für die Betreuung der Anlage. Herrn Dipl.-Math. M. Hühn sei für seine Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse gedankt.



Abb. 1
Weitgehend befallsfreier 17jähriger Schwarzkiefern-Pfropfling, Klon 22.

Foto: GRÄFIN WALLWITZ



Abb. 2
Sehr stark durch *Scleroderris lagerbergii*-Befall geschädigter Schwarzkiefern-Pfropfling, Klon 20. (Markierung auf der Meßlatte 0,5 m).
Foto: GRÄFIN WALLWITZ



Abb. 3
Infolge wiederholten Befalls durch *Scleroderris lagerbergii* abgestorbener Schwarzkiefern-Pfropfling, Klon 20.

Foto: GRÄFIN WALLWITZ

## Schadbild

Die Schädigung äußert sich zu Anfang in einer Verfärbung der einjährigen Nadeln. Diese verbräunen von der Basis bis zur Spitze. Schließlich fallen die Kurztriebe ab, der ebenfalls abgestorbene Langtrieb verkahlt (Abb. 4). An seiner Basis können schlafende Augen austreiben, wodurch die Triebspitze ein buschiges Aussehen erhält. Auch die neu entstehenden Triebe können wieder die gleichen Schadsymptome zeigen, so daß schließlich ganze Astpartien absterben (Abb. 2). Wiederholte starke Schädigungen in aufeinanderfolgenden Jahren führen meist zum Tod des ganzen Baumes (Abb. 3).

## Befallsursache

Aus den unteren Teilen der abgestorbenen Nadeln sowie aus den Ansatzstellen an den Langtrieben brechen schwarze, etwa 0,5 mm große Pyknidien eines Pilzes hervor (Abb. 5), die bei entsprechend hoher Feuchtigkeit in großer Menge Konidiosporen in weißlichen Schleimtröpfchen entlassen. Die Sporen sind hyalin, an beiden Enden etwas zugespitzt, mehr oder weniger sichelförmig gebogen und bestehen aus 2 - 6 Zellen (Abb. 6). Ihre Größe variiert zwischen 23 - 56 x 2 - 4 $\mu$ (Mittelwert: 43,6 $\pm$ 5,06 x 3,2 $\pm$ 0,5). Aufgrund der morphologischen Merkmale von Fruchtkörpern und Sporen konnte der Pilz als die Konidienform von *Scleroderris lagerbergii* Gremmen bestimmt werden, die auch unter dem Namen *Brunchorstia pinea* (Karst.) v. Höhn. bekannt ist. Apothecien und Ascosporen waren auf den befallenen Schwarzkiefern nicht aufzufinden. Dagegen traten auf Ästen, die bereits seit mehreren Jahren abgestorben waren, in großer Anzahl die Apothecien von *Cenangium ferruginosum* Fr. auf, der lange Zeit für die Ascusform von *B. pinea* gehalten wurde. *C. ferruginosum* hat im vorliegenden Fall als Saprophyt zu gelten.

*S. lagerbergii* hat sein Hauptverbreitungsgebiet im nördlichen Europa (vergl. GREMMEN, 1965). In Deutschland kommt der Pilz an *Pinus nigra* Arn. im norddeutschen Küstengebiet (GERHARD, 1967; GREMMEN, 1967; JAEGER, 1967) und in Baden (SCHÖNHAR, 1966), sowie an *P. strobus* L. in Hessen (BUTIN, 1966) vor. Er tritt in Skandinavien auch auf verschiedenen anderen *Pinus*-Arten, sowie auf *Picea abies* Karst. und *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco auf (BJÖRKMAN, 1961).

Nach Untersuchungen von GREMMEN (1968) kann die Pathogenität von *S. lagerbergii* für Schwarzkiefern als erwiesen gelten.



Abb. 4
Triebsterben (*Scleroderris lagerbergii*) an 17jährigem Schwarzkiefern-Pfropfling.
Foto: GRÄFIN WALLWITZ



Abb. 5
Aus den Langtrieben der Schwarzkiefer hervorbrechende Fruchtkörper (Pyknidien) von *Scleroderris lagerbergii.*
Foto: GRÄFIN WALLWITZ



Abb. 6
Konidiosporen von *Scleroderris lagerbergii.*
(Phasenkontrastaufnahme)
Foto: STEPHAN

Das Auftreten des Pilzes als Parasit wird durch bestimmte Umweltbedingungen begünstigt, die jedoch noch nicht in allen Einzelheiten bekannt sind. Doch scheint hohe Luftfeuchtigkeit während der Vegetationsperiode (SCHÖNHAR, 1966) in Verbindung mit niedrigen Temperaturen (GREMMEN, 1968) eine epidemische Ausbreitung des Pilzes zu fördern. Hinzu kommt, daß schwache Pflanzen offenbar leichter befallen werden als kräftige (GREMMEN, 1966; JAEGER, 1967). Bei engem Stand ist für die Schwarzkiefer eine besondere Gefährdung gegeben (GERHARD, 1967; GREMMEN, 1967; JAEGER, 1967). Doch darf nicht von vornherein damit gerechnet werden, daß die Bäume bei freiem Stand befallsfrei bleiben. In der oben angeführten Samenplantage wurde im 3,9 m-Dreiecksverband gepflanzt. Die Pfropflinge befinden sich auch heute noch im Freistand (vergl. Abb. 2 und 3). Dennoch ist bei bestimmten Bäumen ein sehr starker Befall durch *S. lagerbergii* festzustellen.

### Befallsunterschiede

Bei Besichtigung der Schwarzkiefern-Samenplantage im Forstamt Rendsburg deuteten sich hinsichtlich der Befallsstärke durch *S. lagerbergii* Klonunterschiede an. Daher wurde der Befall der einzelnen Bäume nach einer Bewertungsskala von 0 (kein Befall) bis 10 (Totalbefall) geschätzt. Zunächst wurde zwischen dem bisherigen (tote Äste) und dem diesjährigen Befall (Erkrankung der einjährigen Langtriebe) unterschieden. Dabei zeigte es sich, daß in diesem Jahr der Befall bei allen Bäumen zugenommen hat.

Den folgenden Berechnungen wurde der Gesamtschaden eines Baumes bzw. Klons zugrundegelegt, da auf diese Weise die Befallsunterschiede zwischen den Klonen besonders deutlich werden und erst dadurch die richtige Beurteilung eines Klons möglich wird. Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, zeigen die Mittel der Bewertungsziffern deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Klonen. Es war zu prüfen, inwieweit sich die Klone zufallsgemäß oder signifikant unterscheiden. Hierzu wurden die Bewertungsziffern für jeden Baum bzw. Klon als prozentualer Gesamtschaden ausgedrückt. Die statistische Prüfung erfolgte nach einer einfachen Varianzanalyse mit transformierten Daten (arc sin $\sqrt{\text{Prozent}}$).

Das Ergebnis bestätigt die Vermutung, daß zwischen den Klonen signifikante Unterschiede bestehen (F = 6,423 ***). In einem anschließenden Duncan-Test wurden die Differenzen zwischen den einzelnen Klonen näher untersucht (WEBER, 1967). Dabei ergaben sich die in Tabelle 2 aufgeführten Resultate, wobei zur Vereinfachung nur die Signifikanzen verzeichnet wurden. Wie Tabelle 2 ausweist, bestehen zwischen einzelnen Klonen der Schwarzkiefern-Samenplantage zum Teil hoch signifikante Unterschiede. Diese Befunde stehen in voller Übereinstimmung mit den Beobachtungen auf der Versuchsfläche.

Tabelle 1
**Mittlere Bewertungsziffern für die einzelnen Schwarzkiefern-Klone nach Befall durch S. lagerbergii. (Befallskala 0 - 10)**

| Klon | Anzahl der Pflanzen | Ø Bewertungsziffer | Befallsstärke |
|---|---|---|---|
| 11 | 8 | 1,8 | leicht |
| 12 | 10 | 2,3 | |
| 22 | 8 | 2,4 | |
| 14 | 13 | 2,9 | |
| 10 | 6 | 2,9 | |
| 23 | 21 | 3,2 | |
| 15 | 21 | 3,6 | zunehmend |
| 21 | 16 | 3,9 | |
| 16 | 24 | 4,3 | |
| 17 | 22 | 4,3 | |
| 19 | 11 | 4,4 | |
| 18 | 13 | 4,4 | |
| 13 | 9 | 6,0 | |
| 20 | 12 | 7,3 | sehr stark |

Auffallend stark befallen sind alle Bäume der beiden Klone 13 und 20 (Abb. 2 und 3). Die Pflanzen haben bereits einen hohen Anteil an toten Ästen, und auch das diesjährige Schadbild übertrifft das der anderen Klone.

Die geringsten Schäden durch *S. lagerbergii* sind bei Klon 11 festzustellen, doch haben auch die Klone 12 und 22 (Abb. 1) einen vergleichsweise geringen Befall. Dieser beschränkt sich vornehmlich auf Triebspitzen in Bodennähe. Es ist zu erwarten, daß diese Klone keine Zuwachsverluste zeigen werden und die Schäden überwachsen können, falls sich ihre Befallsdisposition nicht grund-

Tabelle 2

**Signifikanzen der Befallsunterschiede zwischen einzelnen Schwarzkiefern-Klonen (Duncan-Test).**

| | 11 | 12 | 22 | 14 | 10 | 23 | 15 | 21 | 16 | 17 | 19 | 18 | 13 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **11** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | * | * | ** | ** | ** | ** | *** | *** |
| **12** | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | * | * | * | * | *** | *** |
| **22** | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | * | *** | *** |
| **14** | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | *** | *** |
| **10** | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ** | *** |
| **23** | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | *** | *** |
| **15** | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ** | *** |
| **21** | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ** | *** |
| **16** | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | * | *** |
| **17** | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | * | *** |
| **19** | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | *** |
| **18** | | | | | | | | | | | | 0 | * | *** |
| **13** | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| **20** | | | | | | | | | | | | | | 0 |

0 = keine Signifikanz

* = Signifikanz bei 5 %

** = Signifikanz bei 1 %

*** = Signifikanz bei 0,1 %

legend ändert. Eine Korrelation zwischen Anfälligkeit und Wüchsigkeit scheint im übrigen nicht zu bestehen. Die zu Klon 11 gehörenden Bäume sind bei weitem nicht die kräftigsten.

Die übrigen 9 Klone nehmen hinsichtlich ihres Befalls eine Mittelstellung ein.

Da die Bäume der einzelnen Klone jeweils über die gesamte Fläche verteilt sind und somit keine Bevorzugung durch bestimmte mikroklimatische Verhältnisse für einzelne Klone bestehen, kann unter den gegebenen Bedingungen auf ein klonabhängiges Verhalten der Schwarzkiefer gegenüber *S. lagerbergii* geschlossen werden.

Die Gründe für das unterschiedliche Verhalten der Klone wurden nicht näher untersucht. Es ist auch nicht geklärt, inwieweit die Unterlage die Befallsdisposition der Pfropflinge beeinflußt. Die Abgänge je Klon seit 1952 lassen darauf schließen, daß sich die 14 Klone hinsichtlich ihrer Verträglichkeit zwischen Unterlage und Pfropfreis unterscheiden. So weist gerade der durch *S. lagerbergii* am wenigsten geschädigte Klon 11 seit 1952 die meisten Abgänge auf. Da alle noch lebenden Bäume keinen Anlaß zu der Annahme geben, daß *S. lagerbergii* diese Bäume abgetötet hat, scheinen Unverträglichkeitsreaktionen zwischen *Pinus montana* als Unterlage und *Pinus nigra* als Pfropfreis eine Rolle gespielt zu haben. Dagegen ist mit Sicherheit ein hoher Prozentsatz der zahlreichen Abgänge im Klon 20 auf die Einwirkung des Parasiten zurückzuführen (Abb. 3). Ein Vergleich der Ausfälle, die bereits 1952 durch Nichtverwachsen der Pfropfung entstanden, mit denen, die durch späteres Absterben der Bäume auf der Fläche zustandekamen, unterstützt diese Annahme.


### Zusammenfassung

An 14 Schwarzkiefern-Klonen einer Samenplantage im Forstamt Rendsburg ist seit längerem ein Absterben der Triebspitzen zu beobachten, das auf einen Befall durch *Scleroderris lagerbergii* zurückzuführen ist. Eine Bonitierung der Bäume brachte deutliche, signifikante Befallsunterschiede zwischen einzelnen Klonen. 2 Klone erweisen sich unter den gegebenen Verhältnissen als besonders stark anfällig, 3 andere Klone sind offensichtlich widerstandsfähiger. Demnach ist innerhalb der Art *Pinus nigra* ein unterschiedliches Reaktionsverhalten gegenüber *S. lagerbergii* vorhanden.

Zusätzlich wird auf klonspezifische Verträglichkeit zwischen Unterlage und Pfropfreis hingewiesen.

### Summary

Title of the paper: *Clone depending reaction in Pinus nigra Arnold against Scleroderris lagerbergii Gremmen.*

For some years a dieback can be observed in 14 clones of Austrian pine of a seed orchard (founded 1952) near Rendsburg (Holstein). The disease is caused by the fungus *Scleroderris lagerbergii* Gremmen (syn. *Brunchorstia pinea* (Karst.) v. Höhn.). Scoring the trees differences between some of the clones proved to be significant. Under given conditions 2 clones are highly susceptible. 3 other clones apparently are more resistant. Therefore a different reaction exists in *Pinus nigra* against *Scleroderris lagerbergii.*

Additionally it is pointed to a clone specific compatibility between stock and graft. A.

### Résumé

Titre de l'article: *Comportement lié au clone de Pinus nigra Arnold vis à vis de Scleroderris lagerbergii Gremmen.*

Sur 14 clones de pin noir d'un peuplement issu de semis dans la circonscription forestière de Rendsburg, on observe depuis longtemps un dépérissement des bourgeons terminaux du à une attaque de *Scleroderris lagerbergii.* Un classement des futs met en évidence des différences significatives entre les clones. Dans les conditions données 2 clones se révèlent particulièrement sensibles, 3 autres clones sont manifestement résistants. Il existe donc, à l'intérieur de l'espèce *Pinus nigra* des réactions différentes vis à vis de *S. lagerbergii.*

Enfin fut étudiée la question de la compatibilité entre porte greffe et greffon qui est spécifique du clone.

J. M.


### Literaturhinweise


Björkman, E.: The top canker of spruce and pine. Fungus: Scleroderris lagerbergii (Lagerb.) Gremmen. Proc. 13. IUFRO-Congress Wien, 2. Teil, Band 1 (1961). — Butin, H.: Eine Triebspitzenerkrankung der Weymouthskiefer (Pinus strobus L.), verursacht durch Scleroderris lagerbergii Gremmen. Phytopath. Z. 56, 353 - 362 (1966). — Gerhard, H.: Zur Schwarzkieferntriebsterbe im Küstengebiet. Forst- und Holzwirt 22, 142 (1967). — Gremmen, J.: Brunchorstia pinea (Karst.) Höhn., een ernstige ziekte van de oostenrijkse en corsicaanse den. Ned. Bosb. Tijdschr. 37, 87 - 98 (1965). — Ders.: Wat is de werkelijke oorzaak van de Brunchorstia ziekte van de oostenrijkse en corsicaanse den? Ned. Bosb. Tijdschr. 38, 304 - 309 (1966). — Ders.: Das Triebsterben der Schwarzkiefer, insbesondere in den Niederlanden und in Nordwestdeutschland. Forst- und Holzwirt 22, 136 - 142 (1967). — Ders.: Bijdrage tot de biologie van Brunchorstia pinea (Karst.) Höhn., de oorzaak van het taksterven bij oostenrijkse en corsicaanse den. Ned. Bosb. Tijdschr. 40, 221 - 231 (1968). — Jaeger, K.: Pilzliches Triebsterben an der Schwarzkiefer im Küstengebiet. Forst- und Holzwirt 22, 31 - 32 (1967). — Schönhar, S.: Triebsterben an Schwarzkiefern. Allg. Forstzeitschr. 21, 701 (1966). — Weber, E.: Grundriß der biologischen Statistik. 6. Aufl. Stuttgart: Fischer 1967.

# Buchbesprechungen

**Lexikon der Nutzhölzer.** Von H. F. Begemann. *Band IV*: 700 Seiten, 450 weitere Holzbeschreibungen (Afrika 45, Amerika 106, Asien 195, Australien 63, Europa 21). Holzverlag GmbH, D-8905 Mering, 1969. Leinen DM 48,—.

Begemann, ein öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Holz, hat es sich zur Aufgabe gemacht, in einem Gesamtwerk von 5 Bänden die Nutzhölzer der Erde zu beschreiben. Auf 2800 Seiten werden 1750 verschiedene Holzarten erfaßt. In den einzelnen Bänden werden die Holzarten nach ihren Leitnamen (= Handelsname!) alphabetisch geordnet dargestellt. Jede Holzbeschreibung beginnt auf einer neuen Seite und umfaßt folgende Angaben: die Handelsnamen, die botanischen Namen, die Bezeichnungen in den Herkunftsländern; ferner Angaben über das Vorkommen, über die charakteristischen Eigenschaften, die Verwendungsmöglichkeiten und über den Handel des betreffenden Holzes. Der Abschnitt über die charakteristischen Eigenschaften der Hölzer enthält zahlreiche wissenswerte Angaben, insbesondere über die Wuchseigentümlichkeiten, die Rinde, die Farbe, Struktur und Textur des Holzes, seine mechanischen Eigenschaften, sein Verhalten bei der Trocknung sowie bei der Be- und Verarbeitung. Außerdem wird jeweils das spezifische Gewicht, soweit bekannt, angegeben.

Der nun erschienene vierte Band ist nur ein Teil des Gesamtwerkes und als solcher in sich nicht abgeschlossen: vor allem werden hier die instruktiven Register über die botanischen Namen und die Handelsnamen vermißt, die in den vorausgegangenen Bänden enthalten waren und den reichen Informationsgehalt dieser Bände leichter zugänglich machten. Da jeder, der sich mit den Nutzhölzern der Erde in irgend einer Form befaßt, sich dieses Werk zu eigen machen sollte, tut dies dem Wert des Gesamtwerkes jedoch keinen Abbruch.

Für den Fachmann der Forst- und Holzwirtschaft liegt endlich ein umfassendes und dem neuesten Stand der Kenntnisse entsprechendes Nachschlagewerk über die Nutzhölzer der Erde vor, das in seiner Gesamtkonzeption als gelungen zu bezeichnen ist und wegen seines reichen Informationsgehaltes empfohlen werden kann. J. J. Sauter

**Untersuchungen zur Wahl des Verjüngungszeitpunktes im Waldbau.** Von R. P. Bachmann. Dissertation an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Bühler Buchdruck Zürich, 1968. 110 Seiten, 28 graphische Darstellungen, 19 Tabellen, umfangreiches Literaturverzeichnis. SFr. 12,—.

Bei der Wahl des Verjüngungszeitpunktes ist eine große Zahl von komplex miteinander verbundenen Gesichtspunkten bedeutungsvoll. In der vorliegenden Arbeit werden diese Gesichtspunkte geordnet und bewertet. Es wird vor allem aber untersucht, welche waldbauliche Bedeutung die wirtschaftlichen Gesichtspunkte haben. Der Verjüngungszeitpunkt wird wirtschaftlich definiert als Zeitpunkt, in welchem bei sinkendem laufend jährlichem Wertzuwachs die Differenz zwischen diesem und der Ertragsfähigkeit negativ wird. In Modellen werden die Einflüsse von Bonität, Baumart, Qualität und Schäden, Änderungen der erntekostenfreien Erlöse, Verjüngungskosten und Dauer des speziellen Verjüngungszeitraumes untersucht. Es wird eine Berechnungsmethode für Wertzuwachsuntersuchungen in starken Baumhölzern mittels einmaliger Aufnahmen entwickelt. Ergänzt durch eine Schätzung der Ertragsfähigkeit, ermöglichen die Ergebnisse derartiger Wertzuwachsuntersuchungen, die Voraussetzungen für eine richtige Wahl des Verjüngungszeitpunkts zu verbessern.

Die Untersuchungen zeigen, daß die laufend periodischen Wertzuwüchse von Bestand zu Bestand so verschieden sind, daß sie in jedem Einzelfall bestimmt werden müssen. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß der Schweizerische Femelschlagbetrieb ermöglicht, das Ertragsvermögen der Bestände besonders gut auszunützen, da die Hiebsart frei gewählt und die Naturverjüngung weitgehend ausgenützt wird, lange Verjüngungszeiträume bevorzugt werden und eine kleinflächige Anpassung an die standörtlichen Gegebenheiten möglich ist. Erfolgt die Wahl des Verjüngungszeitpunktes im Rahmen der waldbaulichen Planung und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Wertzuwachsuntersuchungen, so besteht die Möglichkeit, daß dadurch ein wesentlicher waldbaulicher Beitrag zur Rationalisierung im Sinne einer Produktionssteigerung geleistet wird. F. Rittershofer

**Jagd und Fang des Raubwildes.** Anleitung zur Kurzhaltung des Raubwildes. Von Hermann Eiserhardt. Verlag Paul Parey, Hamburg, 1969. 120 Seiten mit 40 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. Kartoniert 6,80 DM.

Das bekannte Büchlein von Stach über Jagd und Fang des Raubwildes ist nun in seiner neunten Auflage, von Eisenhardt erneut bearbeitet, herausgekommen. Neben einer kurzen Darstellung des Lebens des Haarraubwildes, der Greifvögel und des übrigen Raubzeugs enthält es gute praktische Anweisungen für die Herstellung von Fallen und eine Fülle guter Anweisungen für die Ausübung von Fang und Jagd. Für alle Jäger zu empfehlen! G. Mitscherlich

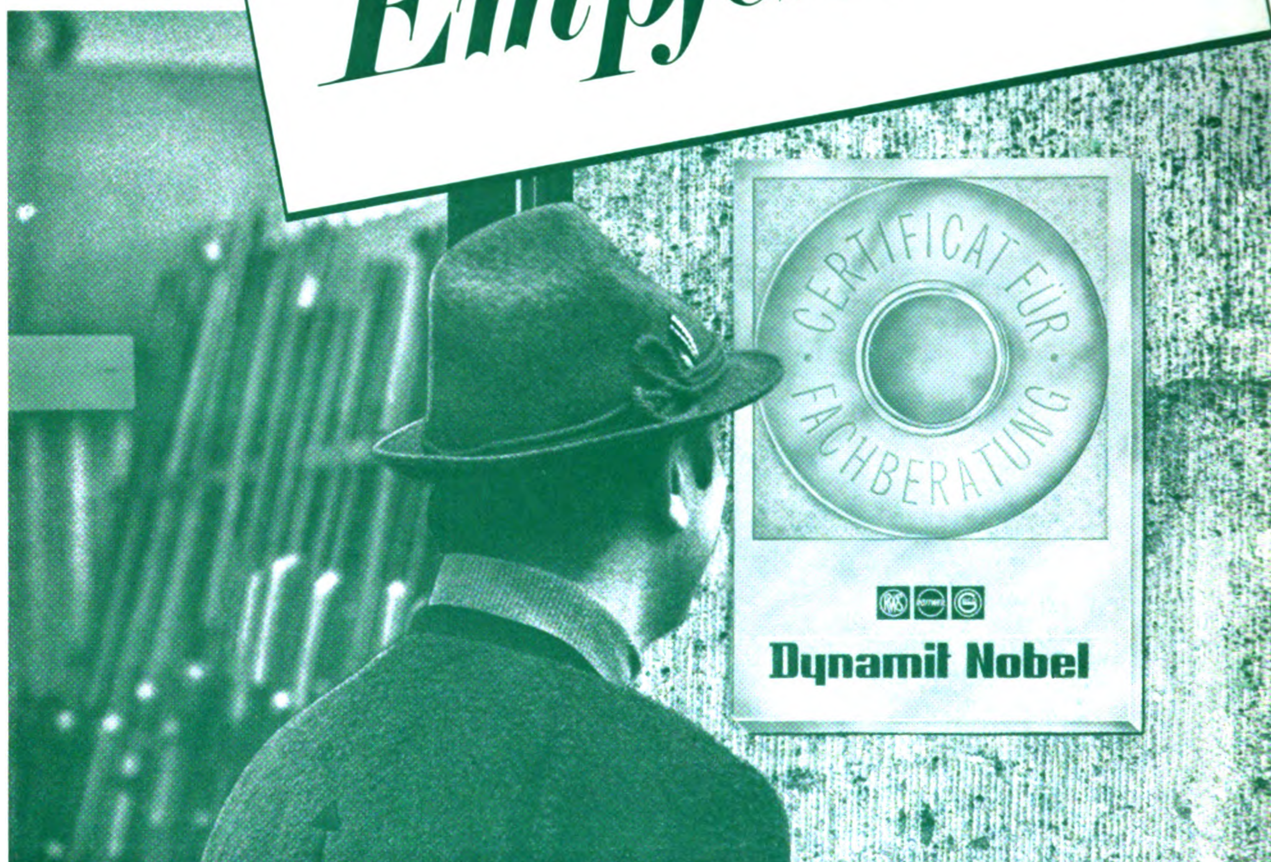
**Fährten — Spuren — Losungen.** Eine praktische Naturkunde für Jäger und Naturfreunde. Von Heinz Scheibenpflug. Umschau-Verlag, Frankfurt am Main. 82 Seiten Text mit 78 Fotos, 28 Abbildungen, 7 Tabellen, Verzeichnis der Tiernamen und Sachregister, Format 11 x 15 cm. Laminierter Pappband DM 5,40.

Dem Jäger als ständiger Begleiter und dem bewußt und wissend wandernden Naturfreund als handliches Brevier dient das kleine Taschenbuch, das die vielfältigen Zeichen in der Natur, die Trittbilder, Spuren und Fährten erklären und deuten helfen will. Mit ihm ausgerüstet lernt man mehr und aufmerksamer zu sehen, man erkennt viele Geheimnisse und beginnt sie zu verstehen, und man sammelt wichtige Erfahrungen. All dies hilft wiederum, das Einfühlen in die Natur und Erleben auf der freien Wildbahn intensiver und auch interessanter zu gestalten.

Grundlage für die Brauchbarkeit dieses Buches ist einmal die sinnvolle Aufteilung und Gliederung. Neu ist, daß man hier weitgehend auf Zeichnungen verzichtete und dafür naturgetreue Fotos bringt, die sehr viel deutlicher und sinnfälliger die Besonderheiten einer Spur oder Fährte darstellen.

Fast hundert verschiedene Tiere sind in diesem Buch auf ihre „Fährten, Spuren und Losungen" untersucht worden. Es gibt also einen umfassenden Überblick über die Arten in den Wäldern unserer Breiten. S. V.

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.




# Kaufen Sie Munition nur dort, wo Ihnen fachmännische Beratung sicher ist.

Sie stellen hohe Ansprüche an Ihren Munitionshändler. Mit Recht. Damit Sie aber auch zu Ihrem Recht kommen, haben wir unsere Händlerschaft nach neuen Maßstäben ausgewählt. Unsere Auswahl erkennen Sie am „Certificat für Fachberatung" (siehe Abbildung oben). Sie finden es an der Fassade der von uns empfohlenen Fachgeschäfte.

Diese Geschäfte führen unser volles Munitionssortiment. Damit ist garantiert, daß Sie immer Ihre ganz spezielle Patrone finden. Die Patrone Ihrer Wahl. Und Sie finden noch mehr. Nämlich echte Beratung durch den Fachmann. Denn nur der Fachmann ist unser Mann. Wie gut, daß Sie diesen Mann jetzt so leicht erkennen.




Munition von
**Dynamit Nobel**

Geben Sie sich nicht mit weniger zufrieden!

„Certificathändler"-Nachweis erteilt: Dynamit Nobel AG, Verkaufsabteilung 4 · 5 Köln 60, Nesselrodestraße 20

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



141. JAHRGANG 1970 HEFT 4 APRIL

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 3804, Vorwahl 06152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 9695), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 896.





**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 4 des 141. Jahrgangs sind:**

Dr. L. Dimitri, Hessisches Institut für Forstpflanzenzüchtung, 351 Hann. Münden, Dr.-Oelker-Straße 6

Oberforstmeister Dozent Dr. Karl Günter Kern, 6732 Edenkoben, Forstamt

R. Kliefoth, Hessisches Institut für Forstpflanzenzüchtung, 351 Hann. Münden, Dr.-Oelker-Straße 6

Professor Dr. Dr. Dr. h. c. K. Mantel, 78 Freiburg, Bertoldstr. 17

Oberforstrat Dozent Dr. H.-U. Moosmayer, 7 Stuttgart, Hauptmannsreute 45

Professor Dr. H. Zycha, 351 Hann. Münden, Kasseler Straße 22

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Oberforstmeister Dr. H. Gothe, 351 Hann. Münden, Werraweg 1

Dr. H. A. Gussone, 463 Bochum, Königsallee 21

Oberforstmeister Dozent Dr. Karl Günter Kern, 6732 Edenkoben, Forstamt

Professor Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Professor Dr. M. Prodan, 78 Freiburg, Wallstraße 22

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# 50 Jahre forstwissenschaftliche Ausbildung in Freiburg *)

Von K. Mantel



Professor Dr. Hans Hausrath
1866 - 1945



Professor Dr. Heinrich Weber
1868 - 1934



Professor Dr. Christoph Wagner
1869 - 1936

Im gleichen Jahre, in dem die Forstliche Abteilung der Universität Freiburg in eine Forstwissenschaftliche Fakultät umgewandelt wurde, können die forstwissenschaftlichen Lehrstühle an dieser Hochschule auf ein 50jähriges kontinuierliches Bestehen zurückblicken.

Wenn auch schon im Jahre 1787 eine eigene forstwissenschaftliche Professur — der erste Universitätslehrstuhl in Deutschland — für Dr. Johann Jakob Trunk, den kaiserlich-königlichen Oberforstmeisters in den österreichischen Vorlanden, eingerichtet worden war, so bestand diese forstliche Ausbildung nur bis 1792.

Die forstliche Ausbildung erfolgte dann für Württemberg in Stuttgart-Solitude (1772 - 1794), Hohenheim (1825 - 1881) und an der Universität Tübingen (1817 - 1825 und später wieder 1881 - 1920), für Baden in Karlsruhe (1832 - 1920).

Für Baden hatte man bereits im 19. Jahrhundert den Gedanken der Verlegung des forstlichen Unterrichts an eine Universität gehabt. Der Senat der Universität Freiburg hatte bereits 1842 beim Ministerium in Karlsruhe die Verlegung der forstlichen Ausbildung nach Freiburg angeregt und diesen Antrag 1846 wiederholt. Obwohl sich die in Freiburg im gleichen Jahre tagende Versammlung süddeutscher Forstwirte für die Verlegung aussprach und der Landtag ebenfalls sich dafür entschied, gab die Regierung auf Veranlassung der Forstbehörde dem Beschluß des Landtags keine Folge.

Der Deutsche Forstverein schlug im Jahre 1907 auf seiner Tagung vor, in Süddeutschland neben München eine neue forstliche Ausbildungsstätte an den Universitäten Freiburg oder Heidelberg zu errichten, dafür aber die forstliche Ausbildung an den Universitäten Gießen und Tübingen und an der Technischen Hochschule in Karlsruhe einzustellen. Nach jahrzehntelangen Verhandlungen zwischen den drei Ländern Baden, Hessen und Württemberg wurde, nachdem Hessen seine Bereitwilligkeit für eine Zusammenlegung zurückgezogen hatte, auf Grund eines Staatsvertrages zwischen Baden und Württemberg Freiburg als neue Stätte des südwestdeutschen forstwissenschaftlichen Unterrichts festgelegt.

Die Vereinigung der württembergisch-badischen forstwissenschaftlichen Lehrstätten und damit die Verlegung der forstwissenschaftlichen Ausbildungen von Tübingen und Karlsruhe nach Freiburg, wurde am 1. April 1920 durchgeführt. Es ist nicht uninteressant, daß für die Wahl Freiburgs neben den Vorzügen der Universität insbes. auch die waldreiche Umgebung maßgebend war, da, wie betont wurde, auf kürzeste Entfernungen alle klimatischen, geologischen, pflanzensoziologischen Verschiedenheiten und daher auch alle Waldtypen vertreten sind. Diese Tatsache kann angesichts eines heute in die Diskussion geworfenen Verlegungsplanes in eine relativ waldarme Lage in Württemberg nicht stark genug betont werden.

Bei der Verlegung des forstlichen Unterrichts nach Freiburg wurden neben den drei Ordinariaten für Produktionslehre, Betriebslehre und Forstpolitik — vgl. die Abbildungen der ersten drei Ordinarien — noch drei Extraordinariate für Forstschutz und Forstbenutzung, Forstzoologie und Bodenkunde eingerichtet. Das Extraordinariat für Forstzoologie, das von Anfang an mit einem persönlichen Ordinarius besetzt war, wurde 1939 in ein planmäßiges Ordinariat umgewandelt, das Extraordinariat für Forstschutz und Forstbenutzung 1922 in ein Extraordinariat für Forstbotanik. Erst 1936 wurde ein viertes forstliches Ordinariat für Forstschutz, Forstbenutzung und Pflanzensoziologie errichtet.

Die forstlichen Fachgebiete Produktionslehre, Betriebslehre und Forstpolitik waren bis 1935 im Forstlichen Institut zusammengefaßt, dieses gehörte mit den Instituten der forstlichen Grundwissenschaften (Bodenkunde, Forstzoologie, Forstbotanik) ohne nähere Bindung untereinander der naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät an.

Die Aufgliederung des Forstlichen Institutes im Jahre 1935 in die vier selbständigen Institute für Waldbau, für Forsteinrichtung

*) Vgl. dazu auch: „Die Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br." von Kurt Mantel, Freiburg 1957, Festschrift anläßlich der 500-Jahrfeier der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg — ferner „Die geschichtliche Entwicklung der forstwissenschaftlichen Ausbildung in Baden-Württemberg" von Mantel und Botter in „Geschichte der Naturwissenschaften an der Universität Freiburg i. Br., 18. Heft der Beiträge zur Freiburger Wissenschafts- und Universitätsgeschichte".

und forstliche Betriebswirtschaft, für Forstpolitik sowie für Forstschutz, Forstbenutzung und Pflanzensoziologie führte 1936 zum Zusammenschluß aller forstlichen Institute und der Institute für forstliche Grundwissenschaften in der Forstlichen Abteilung und damit zu einer einheitlichen Vertretung der gesamten Forstwissenschaft innerhalb der naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät.

Ab März dieses Jahres ist nunmehr die Forstliche Abteilung in eine forstwissenschaftliche Fakultät umgewandelt worden. Damit ist der Schlußpunkt in einer längeren Entwicklung der forstwissenschaftlichen Ausbildung für Baden-Württemberg gesetzt worden, der zugleich den Anfang für eine gedeihliche Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten bilden soll.

Für eine gedeihliche Fortentwicklung der Forstlichen Forschung bietet insbes. die Tatsache Gewähr, daß Freiburg seit 1958 auch Sitz der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt für Baden-Württemberg ist, mit der, insbes. auch durch die Personalunion verschiedener Ordinarien der Universität mit der wissenschaftlichen Leitung einzelner Abteilungen der Forschungsanstalt, eine enge, fruchtbare Zusammenarbeit besteht.

**Summary**

Title of the paper: *50 Years Forestry Education at Freiburg.*

In April 1970 it will be 50 years since the forestry chairs were established at Freiburg. A forestry professorship had existed as early as from 1787 to 1792, but only since 1920 had forestry teaching been continuous. The states Baden and Wurttemberg had previously provided forestry training at Karlsruhe and Tübingen/Hohenheim respectively. The merger and establishment of forestry chairs at Freiburg was agreed between the states in 1920. These forestry chairs and supplementary natural science chairs became part of the Faculty of Natural Sciences and Mathematics at the University of Freiburg. In 1936, the forestry and supplementary natural sciences chairs were made a separate Department of Forestry, which in March 1970 was transformed into a Forestry Faculty. E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Cinquante ans d'enseignement des sciences forestières à Fribourg.*

Avril 1970 marque le cinquantenaire de la fondation à Fribourg de chaires de sciences forestières. Bien qu'il eut déjà existé une chaire forestière distincte de 1787 à 1792 à l'Université de Fribourg, on doit faire remonter à 1920 la création dans cette ville d'un enseignement forestier ininterrompu. Les «Land» du Pays de Bade et du Wurtemberg, pour lesquels antérieurement l'enseignement forestier avait été donné à Karlsruhe d'une part et à Tübingen ou Hohenheim d'autre part, se mirent d'accord en 1920 pour réunir à l'Université de Fribourg, l'enseignement forestier du Bade-Wurtemberg; ils créèrent des chaires de sciences forestières et y associèrent des chaires de sciences naturelles. Ces chaires faisaient partie de la Faculté des Sciences Naturelles et Mathématiques de l'Université de Fribourg; elles furent regroupées en 1936 dans un département forestier qui reçut en Mars 1970, la dénomination de «Faculté Forestière». J. M.

# Ergebnis objektiver Messungen der durch Fomes annosus verursachten Rotfäule in Fichtenbeständen

(Mit 6 Abbildungen und 4 Tabellen)

Von H. Zycha, L. Dimitri und R. Kliefoth

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Forstpflanzenkrankheiten, Hann. Münden

Unter „Rotfäule" versteht man in der forstlichen Praxis eine durch Pilze verursachte Zerstörung des Holzes im Inneren stehender Nadelbäume. Diese ist zunächst durch eine braunrote Verfärbung des Holzes und in einem späteren Stadium durch eine völlige Zerstörung der Holzstruktur gekennzeichnet. In den Fichtenbeständen Mitteleuropas ist die Rotfäule die wirtschaftlich bedeutsamste Ursache für den Verlust an Nutzholz.

Nach Kato (1967) sind in Niedersachsen von dem gesamten jährlich eingeschlagenen Fichtenholz etwa 20% infolge eines Rotfäuleschadens fast wertlos.

In der forstlichen Praxis gibt es viele Erhebungen über den Anfall an solchem minderwertigen Holz. Die Bemühungen, diese erhebliche Verlustquelle zu verringern, haben bisher noch zu keinem sichtbaren Erfolg geführt. Der Grund hierfür liegt ohne Zweifel darin, daß die Rotfäule auf sehr verschiedenen Ursachen beruhen kann, die streng getrennt beurteilt werden müssen, wenn man Gegenmaßnahmen erwägt. Wir bedürfen daher einer exakten Analyse und einer Bewertung der Faktoren, welche das Auftreten einer Rotfäule beeinflussen.

Die holzzerstörenden Pilze, welche zu einer Stammfäule führen, können entweder im Bereich des Stammes in das Holz eindringen oder im Bereich der Wurzeln. Die Eintrittspforten sind im ersten Fall mechanische Verletzungen der Rinde, durch welche das Holz freigelegt wird (Rückeschäden, Schälschäden) oder bei älteren Bäumen einzelne abgestorbene Äste *(Wundfäule)*. Nach Kato (1967) sind in Niedersachsen etwa 2/3 der Holzverluste durch Rotfäule auf solche Schäden zurückzuführen. Die Auswirkung mechanischer Verletzungen auf das Ausmaß der Fäule wird zwar von Standorts- und Wuchsverhältnissen der Bäume beeinflußt, doch liegt es auf der Hand, durch Vermeidung von Verletzungen eine erfolgreiche Schadensverhütung zu betreiben.

Von Wundfäulen streng zu scheiden sind die als *Kernfäule*)* zu bezeichnenden Schäden, welche im Wurzelbereich entspringen und sich von da aus im Stamm hochziehen.

Die Zahl der an Fichten als Wundfäuleerreger auftretenden Pilzarten ist sehr groß. Es sind fast stets die gleichen, welche man auch als Fäulnisursache an lagerndem Holz findet. Im Gegensatz dazu sind die Kernfäuleerreger Spezialisten für den Befall lebender Bäume. Ihre Zahl ist geringer. Allgemein gilt hier der „Wurzelschwamm" *Fomes annosus* (Fr.) Karst. (= *Trametes radiciperda* Hartig) als der bedeutendste Schädling, ein Pilz, mit dem sich schon vor 100 Jahren R. Hartig näher befaßt hat. Schönhar (1969) fand an 436 Stammscheiben von Fichten mit einer Kernfäule aus der Schwäbischen Alb, vorwiegend auf Kalkboden gewachsen, in 80% *Fomes annosus*. Kato (1967), der Fichten verschiedenster Standorte untersuchte, fand diesen Pilz in 48% von 433 untersuchten Kernfäulestämmen. Wir wiesen bei 56% der von uns untersuchten 935 Kernfäulestämme ohne erkennbare Stammwunden *Fomes annosus* als Fäuleerreger nach. Sowohl Kato

*) Da uns hier vorwiegend die Fäule im stehenden Stamm interessiert, halten wir den von Rohmeder (1937) gebrauchten Ausdruck „Wurzelfäule" in diesem Fall nicht für angebracht.

als auch wir fanden in den übrigen Fäulestämmen verschiedene Pilzarten, insbesondere jedoch Hallimasch *(Armillaria mellea)*. Es konnte aber nur in einem relativ kleinen Teil dieser Fälle wahrscheinlich gemacht werden, daß der gefundene Pilz ausschließlich als Ursache der beobachteten Fäule zu betrachten ist. In vielen Fällen, namentlich wenn Pilzarten aus den Gruppen der Askomyzeten oder Imperfekten gefunden wurden, muß damit gerechnet werden, daß die Fäule möglicherweise primär durch *Fomes annosus* verursacht, dann aber durch Folgepilze verdeckt wurde.

Aus den geschilderten Tatsachen geht die Vielgestaltigkeit des Rotfäuleproblems hervor. Man muß sich daher bemühen, die wirksamen Faktoren einzeln kennenzulernen und ihre Bedeutung für den Anfall an rotfaulem Holz zahlenmäßig zu erfassen. Will man aber etwa den Einfluß des Bodentyps auf den Befall der Fichte untersuchen, dann fehlt es an Beständen, welche im Hinblick auf Alter, Provenienz usw. wirklich gleich und damit im Hinblick auf eine Fäule vergleichbar sind. Wir müssen daher einen Weg suchen, der uns eine zahlenmäßige Erfassung des Kernfäulebefalls beliebiger Bestände erlaubt. Der Befallsgrad eines Bestandes darf hierbei nicht geschätzt werden, sondern muß objektiv messend festgestellt werden. Hierfür Methoden zu finden haben wir uns bereits bemüht. Die von Zycha (1967) sowie Zycha & Dimitri (1968) mitgeteilten Ergebnisse konnten inzwischen durch umfangreiche neue Untersuchungen bestätigt werden. Hierüber soll im Folgenden berichtet werden.

Die umfangreichen Untersuchungen wurden dadurch ermöglicht, daß die niedersächsische und die hessische Landesforstverwaltung großzügig die von uns ausgewählten Probeflächen zur Verfügung stellten und die Deutsche Forschungsgemeinschaft die Arbeiten durch eine Sachbeihilfe im Rahmen ihres Schwerpunktprogrammes „Rotfäule der Fichte" ermöglichte. Diesen Stellen, aber auch den Beamten der unten genannten Forstämter, die uns stets hilfsbereit zur Seite standen, gilt unser besonderer Dank.

### 1. Untersuchungsmethode

Die von uns angewandten Methoden wurden bereits an anderer Stelle näher beschrieben (Zycha & Dimitri 1968). Hier sei deshalb nur mitgeteilt, daß 10 Probeflächen in niedersächsischen und hessischen Forstämtern ausgewählt und 1967/68 bearbeitet wurden, sowie eine weitere 1969. Die Flächen hatten eine Größe zwischen 0,1 und 1 ha und die Zahl der Bäume mit Stammverletzungen lag hier in fast allen Fällen unter 10 %. Auf diesen Flächen wurden alle Stämme gefällt, genau vermessen und auf Pilzbefall untersucht. Zur Vereinfachung des Verfahrens und im Hinblick auf Beobachtungen in der forstlichen Praxis wurde zur Erfassung des Fäuleausmaßes vorwiegend der Querschnitt an der Stammbasis (Abhieb) herangezogen, der bei den Flächen 3, 5, 6, 9 und 11 als 0,3 m Höhe in Rechnung gesetzt wurde. Bei den Flächen 7, 8 und 10 wurden die Bäume in einer Höhe von 0,5 m gefällt, um zu einem späteren Zeitpunkt die sekundäre Infektion der Stubben besser untersuchen zu können. In vielen Fällen konnte aber auch das Ausmaß der Fäule in 1 oder mehr Meter Höhe über dem Abhieb ermittelt werden.

### 2. Die Probeflächen

Auf den Flächen 1, 2 und 4 war entgegen unserer Erwartung der Befall durch *Fomes annosus* so gering, daß eine rechnerische Auswertung im Hinblick auf diesen Pilz nicht möglich ist. Fläche 5, die hier noch einbezogen werden soll, wurde bereits früher beschrieben (Zycha & Dimitri 1968). Da eine vergleichende Bearbeitung der bodenkundlichen Verhältnisse aller Probeflächen gesondert durchgeführt wird, beschränken wir uns hier auf eine sehr kurze Charakterisierung der Standorte, für die wir dem Institut für Bodenkunde in Hann. Münden danken.

*Fläche 3*
Hessisches Forstamt Grebenau, Abt. 264 c
Geologie: Fließerde aus tonigem Buntsandstein und Lößmaterial auf Basaltschutt
Bodentyp: Basenreiche Braunerde, durchgehend pseudovergleyt, flachgründig
Baumalter 48 J., Baumhöhe 18,5 m, ⌀ in 1,3 m 19,1 cm.

*Fläche 6*
Niedersächsisches Forstamt Reinhausen, Abt. 30 b 2
Geologie: Löß über Buntsandstein
Bodentyp: Schwach podsolierte Braunerde, mittel- bis flachgründig
Baumalter 63 J., Baumhöhe 18,3 m, ⌀ in 1,3 m 19,9 cm
Abb. 1

*Fläche 7*
Niedersächsisches Forstamt Syke, Abt. 177 d 2
Geologie: Flottsand über Grundmoräne
Bodentyp: Parabraunerde, mehr/weniger pseudovergleyt, tiefgründig

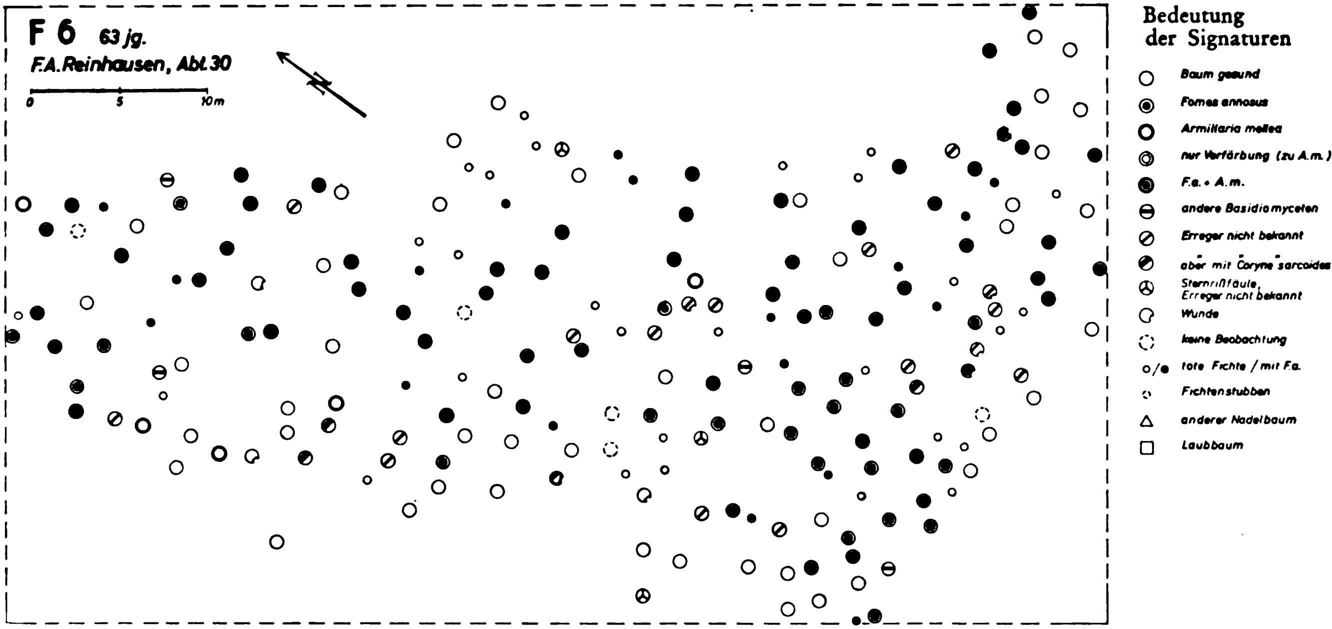



Abb. 1
Verteilung gesunder und rotfauler Stämme auf der Probefläche F 6.

Baumalter 84 J., Baumhöhe nicht gemessen, Ø in 1,3 m 33,8 cm
Abb. 2

*Fläche 8*
Niedersächsisches Forstamt Syke, Abt. 167 b
Boden gleich Fläche 7
Baumalter 83 J., Baumhöhe 23,9 m, Ø in 1,3 m 30,1 cm
Abb. 3

*Fläche 9*
Hessisches Forstamt Niederbeisheim, Abt. 146 a
Geologie: Basaltverwitterungsboden
Bodentyp: Basenreiche Braunerde, mittel- bis flachgründig
Baumalter 62 J., Baumhöhe 21,5 m, Ø in 1,3 m 23,3 cm
Abb. 4

*Fläche 10*
Niedersächsisches Forstamt Syke, Abt. 177
Boden gleich Fläche 7
Baumalter 53 J., Baumhöhe nicht gemessen, Ø in 1,3 m ca. 22,5 cm

*Fläche 11*
Hessisches Forstamt Hilders, Abt. 40 a
Geologie: Kalkverwitterungsboden
Baumalter 72 J., Baumhöhe nicht gemessen, Ø in 1,3 m 30,5 cm.
Angaben über Stammzahlen und Rotfäule sind Tabelle 1 zu ent-

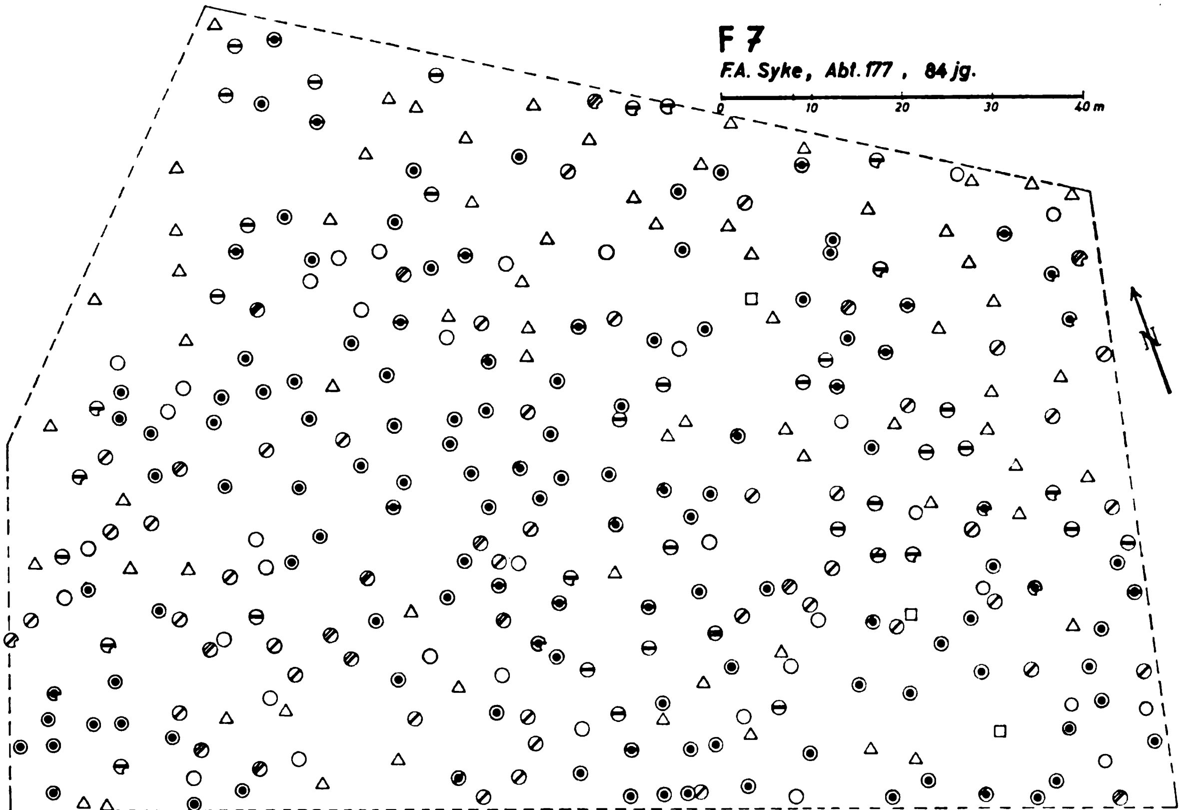



Abb. 2
Verteilung gesunder und rotfauler Stämme auf der Probefläche F 7. Bedeutung der Signaturen s. Abb. 1

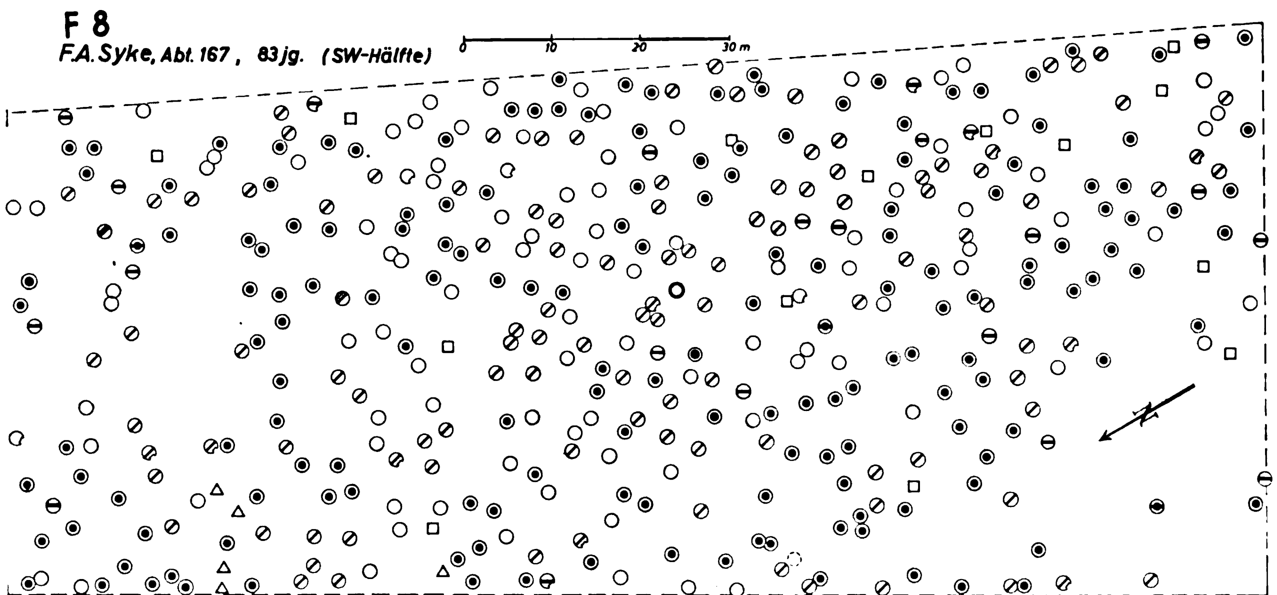



Abb. 3
Verteilung gesunder und rotfauler Stämme, südlicher Teil der Probefläche F 8. Bedeutung der Signaturen s. Abb. 1

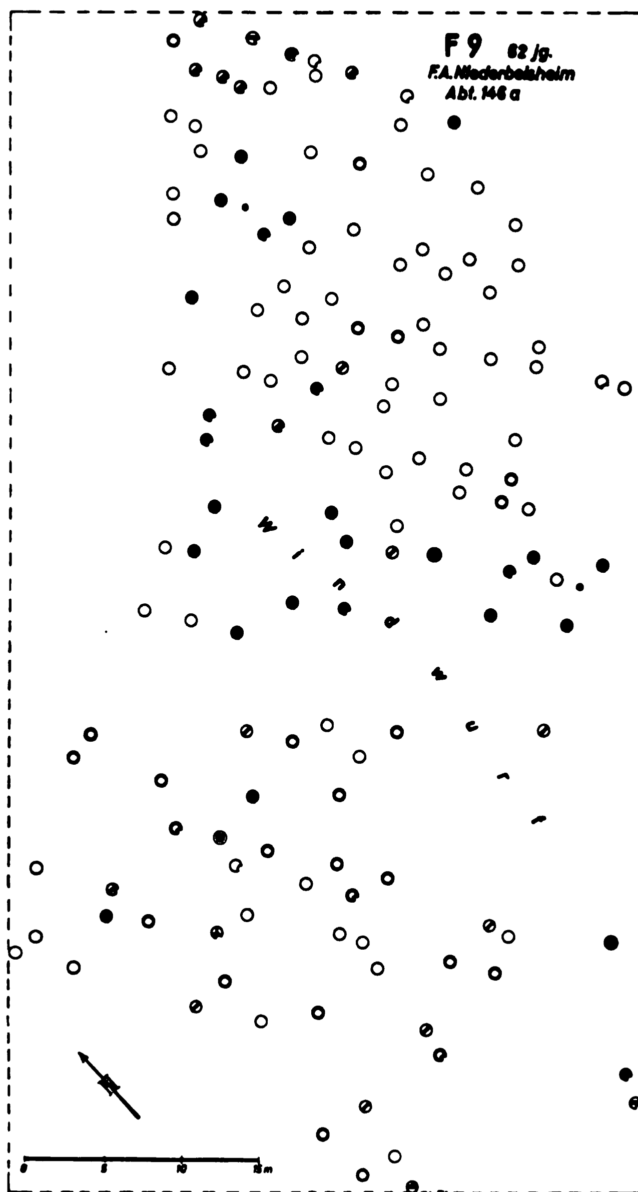



Abb. 4
Verteilung gesunder und rotfauler Stämme auf der Probefläche F 9.
Bedeutung der Signaturen s. Abb. 1

nehmen. Hier ist die Zahl aller Stämme eingetragen, welche am Abhieb eine Fäule aufwiesen. Von diesen Stämmen wurden zunächst jene für die weiteren Berechnungen herangezogen, bei welchen sich lediglich *Fomes annosus* nachweisen ließ. Schließlich wurden auch alle Stämme ausgesondert, bei welchen im unteren Stammteil eine ältere oder jüngere Wundstelle gefunden wurde, da durch eine solche möglicherweise das Auftreten oder der Verlauf der Fäule oder auch der Stammdurchmesser beeinflußt sein könnten.

### 3. Welche Bäume werden befallen?

In der forstlichen Literatur findet man oft die Meinung vertreten, daß weitringige Fichten stärker von der Rotfäule befallen werden als engringige. Kato (1967) konnte keine Beziehung zwischen der Leistungsklasse der Fichte und dem Auftreten einer Kernfäule finden. Wir haben jetzt auf allen Versuchsflächen die nachweislich von *Fomes annosus* befallenen Bäume mit den fäulefreien Bäumen des gleichen Bestandes verglichen. Dabei ergab sich, daß die mittlere Baumhöhe in keinem Fall bei den fäulefreien Bäumen einen Höhenunterschied gegenüber den Kernfäule-Bäumen aufweist. Teilt man die Bäume nach Kraft'schen Baumklassen ein, so läßt sich ebenfalls keine Differenz feststellen. Daß auch die Stammdurchmesser keine gesicherten Unterschiede erkennen lassen, haben wir für Fläche 5 bereits mitgeteilt (Zycha & Dimitri 1968). Die Baummessungen der weiteren Probeflächen haben das gleiche Ergebnis gebracht. Allerdings liegen auch hier die Mittelwerte der Stammdurchmesser sowohl am Abhieb als auch 1 m darüber bei den befallenen Stämmen stets ein klein wenig höher als bei den fäulefreien Stämmen. Nur ein Bestand zeigte eine Besonderheit. Die eine erhebliche Fäule aufweisenden Stämme der Fläche 11 hatten am Abhieb einen signifikant größeren Durchmesser als ihre fäulefreien Nachbarn. Dieser Unterschied (43,0 : 41,4 cm) weist vielleicht auf eine beginnende „Flaschenform" hin, da er in 1,3 m Höhe nicht mehr in Erscheinung tritt. Man kann somit auch hier nicht von einem Befall der schneller gewachsenen Bäume sprechen. Es ist anzunehmen, daß nur ältere Bestände auf Standorten mit besonders starkem Befall einen solchen Durchmesserunterschied an der Basis aufweisen.

Im Hinblick auf die Anfälligkeit der Fichten ergibt sich somit, daß zwischen der Bonität jedes einzelnen Stammes im Bestand und einem Befall durch *Fomes annosus* kein Zusammenhang nachgewiesen werden konnte. Der unterschiedliche Befall muß auf anderen Gegebenheiten beruhen.

### 4. Das Faulstammprozent

Die relative Anzahl fäulebefallener Stämme in einem Bestand ist für die Berechnung der Holzverluste sicher von Bedeutung. Kann das ermittelte Faulstammprozent aber wirklich etwas über die Anfälligkeit der Bäume und über Standortseinflüsse aussagen?

Neuerdings wird oft davon ausgegangen, daß *Fomes annosus* die frische Schnittfläche von Stubben infiziert und von hier als Saprophyt in deren Wurzeln vordringt. Von solchen Wurzeln soll dann der Befall auf gesunde Wurzeln benachbarter Bäume übergreifen, so daß mit der Zeit immer mehr Bäume befallen werden. Trifft diese Annahme zu, dann muß die Zahl der befallenen Bäume, also das Faulstammprozent, mit dem Alter des Bestandes ständig zunehmen. Unsere ersten Beobachtungen an etwa 30 Probeflächen verschiedenster Standorte (Zycha 1967) haben keinerlei Beziehung zwischen Baumalter und Faulstammprozent erkennen lassen; auch dann nicht, wenn man etwa nur die Flächen auf geologisch einander ähnlichen Standorten (z. B. Kalk) vergleicht. Bei den hier zu besprechenden 8 Flächen könnte man eine solche Beziehung aus den Zahlen der Tabelle 1 ableiten. Solange aber nicht weitere Untersuchungen diese Frage klären, muß man doch mit einem Unsicherheitsfaktor rechnen. Es ist ferner zu bedenken, daß die eigenartige Verteilung befallener und gesunder Stämme auf den Probeflächen (vgl. Abb. 1 - 4 und Zycha 1967) gegen eine gleichmäßige Ausbreitung des Pilzes spricht. So könnten etwa zufällige Verwundungen der Wurzeln, wie sie Dimitri (1969) fand, die Zahl der infizierten Bäume beeinflussen und einen direkten Bodeneinfluß vortäuschen.

Wir müssen somit annehmen, daß das Faulstammprozent nur dann einen zuverlässigen Maßstab für die Beurteilung von Standortseinflüssen oder von Krankheitsanfälligkeit darstellt, wenn die Bestände in Alter und anderen Wuchsbedingungen völlig übereinstimmen. Da es aber sehr schwer ist solche vergleichbare Bestände zu finden, haben wir einen anderen Maßstab für den Fäulebefall gesucht.

### 5. Stammdurchmesser und Fäuledurchmesser

Bereits in früheren Arbeiten konnten wir zeigen, daß bei der Untersuchung rotfauler Stämme bei jeder Probefläche sich eine Beziehung zeigt zwischen dem Durchmesser eines Stammes und dem an der gleichen Schnittstelle gemessenen Durchmesser einer durch *Fomes annosus* verursachten Rotfäule.

Tab. 1

| Probefläche Nr. | Baum-alter | Anzahl lebender Bäume | davon mit Stamm-fäule *) | Faul-stamm % | Alle Bäume in welchen *Fomes annosus* nachgewiesen wurde | | | Bäume ohne Stammwunden, in welchen nur *Fomes annosus* nachgewiesen wurde | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Anzahl | % aller Stämme | % der Faul-stämme | Anzahl | % der Faul-stämme ohne Wunden |
| 3 | 48 | 60 | 23 (20) | 38 | 15 | 25 | 65 | 11 | 48 |
| 10 | 53 | 105 | 40 (33) | 38 | 18 | 17 | 45 | 18 | 45 |
| 9 | 62 | 141 | 74 (52) | 52 | 22 | 16 | 30 | 17 | 23 |
| 6 | 63 | 159 | 108 (100) | 68 | 80 | 50 | 74 | 69 | 64 |
| 5 | 68 | 148 | 106 (90) | 72 | 76 | 51 | 72 | 53 | 50 |
| 11 | 72 | 102 | 85 (74) | 84 | 80 | 78 | 94 | 73 | 86 |
| 8 | 83 | 586 | 454 (412) | 77 | 251 | 43 | 55 | 204 | 45 |
| 7 | 84 | 256 | 219 (154) | 86 | 126 | 49 | 58 | 75 | 34 |
| alle untersuchten Bäume: | | 1557 | 1109 (935) | 71 | 668 | 43 | 60 | 520 | 56 |

*) Wund- und Kernfäule können nebeneinander im gleichen Stamm vorkommen. Da sie dann jedoch meist nicht zuverlässig voneinander getrennt werden können, werden für die weitere Berechnung alle Stämme mit Wunden eliminiert. Hier ist die Zahl der wundenfreien Stämme in ( ) angegeben.

Wie für Fläche 5 (Zycha und Dimitri 1968), so ergab sich auch für jede weitere Probefläche, daß der Durchmesser der als Kreisfläche betrachteten Fäulezone in einem bestimmten Verhältnis zum Durchmesser des Stammes steht. Die Varianzrechnung hat in allen Fällen für alle Flächen mit einer ausreichenden Zahl von Faulstämmen diese Beziehungen als hoch signifikant gekennzeichnet. Die extrem dünnen und extrem dicken Stämme eines jeden Bestandes sind hierbei allerdings nicht erfaßt, da deren Zahl stets zu gering ist für eine Varianzanalyse. Es sind dies jene Durchmessergruppen, deren Stammzahl kleiner ist als 10 % aller Stämme mit Fäulnis. Zum Vergleich wurden für alle Flächen auch die arithmetischen Mittel der Stamm- und Fäuledurchmesser sämtlicher Stämme berechnet.

Die Beziehungen zwischen Stammdurchmesser und Fäuledurchmesser sind in Abb. 5 als Regressionslinien bzw. Mittelwerte für die untersuchten Flächen dargestellt.

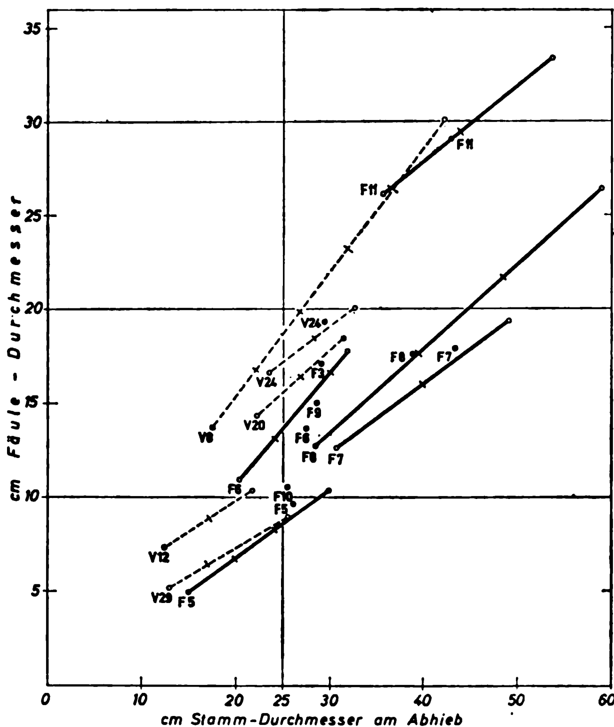



Abb. 5
Verhältnis von Fäuledurchmesser zu Stammdurchmesser; Regressionslinien und Mittelwerte. (Probeflächen „V" nach Zycha 1967).

Zum Vergleich haben wir auch für 5 der bei Zycha (1967) beschriebenen Probeflächen Regressionslinien, die wir damals noch nicht mitgeteilt hatten, eingezeichnet. Bei diesen Befunden muß allerdings mit einer kleinen Fehlermöglichkeit gerechnet werden, da wir damals nicht jeden Stamm auf das Vorhandensein von *Fomes annosus* untersuchten, sondern nur Stichproben machten.

Die wiedergegebenen Regressionslinien zeigen deutlich, daß bei jeder Probefläche ein festes Verhältnis zwischen dem Durchmesser eines Stammes und dem Durchmesser der in diesem Stamm vorhandenen Fäule besteht. Alle Linien haben zwar die gleiche Tendenz, doch liegen sie offensichtlich in verschiedenen Höhen und weichen auch in ihrer Steilheit ein wenig voneinander ab.

Für alle Linien ließ sich die Linearität mathematisch nachweisen. Aus praktischen Gründen haben wir die Durchmesserverhältnisse am Abhieb bevorzugt, obwohl hier durch den Einfluß des Wurzelanlaufes die Streuung der Werte besonders groß ist. Führt man aber die gleichen Berechnungen für in anderer Höhe gemessene Fäule- und Stammdurchmesser durch, so erhält man eine gleichsinnige Regressionsgerade, welche die für den Abhieb gefundene Linie geradlinig — den Stammdurchmessern entsprechend — fortsetzt. Dies scheint uns ein weiterer Beweis dafür zu sein, daß die Ausbreitung der Fäule im Stamm nicht vom Zufall, sondern von standörtlichen Gegebenheiten abhängt.

### 6. Fäulehöhe

*Fomes annosus* breitet sich im Stamm in axialer Richtung schneller aus als in radialer. Da die radiale Ausbreitung sich mathematisch erfassen läßt, ist zu vermuten, daß auch die Längsausbreitung im Stamm gewissen Regeln folgt. Wir sahen, daß der Fäuledurchmesser nicht nur vom Stammdurchmesser, sondern auch vom Standort der Bäume abhängt. Deshalb untersuchten wir, ob ganz allgemein eine Beziehung zwischen Fäuledurchmesser und Fäulehöhe besteht. Diese Beziehung ist offensichtlich vorhanden, doch streuen die Werte auf manchen Flächen sehr stark. Man kann dies darauf zurückführen, daß es sehr schwierig ist, das wirkliche Ende einer Fäule in den aufgespaltenen Stammabschnitten zu finden und daher die Gefahr von Meßfehlern gegeben ist. Trotzdem wurde bei 4 Probeflächen eine signifikante lineare Beziehung zwischen Durchmesser und Höhe der Fäule gefunden (Abb. 6). Um aber für alle Flächen wenigstens Näherungswerte zu finden, setzten wir die für jede Fläche gefundenen Mittelwerte für Durchmesser und Höhe der Fäule in Beziehung zueinander. Man erhält so, wie Tab. 2 zeigt, einander sehr ähnliche Werte. Begnügt man sich mit solchen Näherungswerten, so kann man schließen, daß die axiale Ausbreitung von *Fomes annosus* etwa 22 mal so groß ist als die radiale.

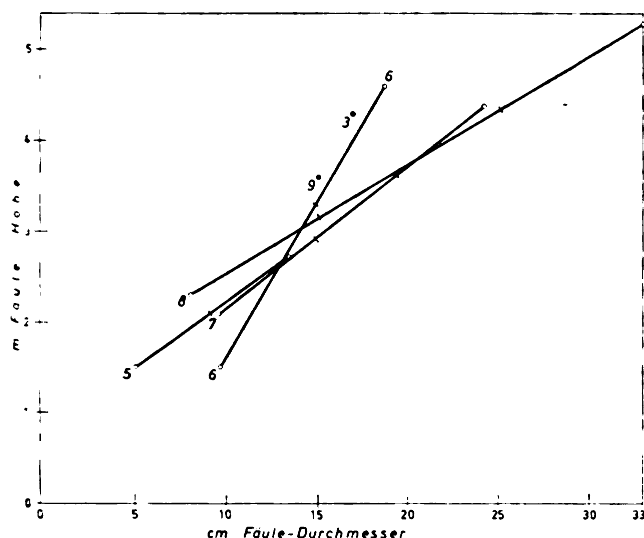



Abb. 6
Verhältnis von Fäuledurchmesser zu Fäulehöhe (F-Flächen)
Regressionslinien (°) bezw. Mittelwerte (•)

Tab. 2
**Verhältnis von Fäuledurchmesser zu Fäulehöhe**
(nur *Fomes annosus*)

| Probe-fläche | Mittelwerte in cm Fäule-Ø am Abhieb | Fäule-höhe | Fäule Höhe : Ø | Regress. Koeffiz. |
|---|---|---|---|---|
| F 3 *) | 17,2 | 430 | 25 | — |
| F 5 | 10,6 | 218 | 21 | 0,166 |
| F 6 | 15,9 | 351 | 22 | 0,340 |
| F 7 | 17,2 | 356 | 21 | 0,151 |
| F 8 | 17,5 | 345 | 20 | 0,120 |
| F 9 *) | 15,1 | 355 | 24 | — |
| F 11 | 30,9 | 645 | 21 | — |

*) geringe Stammzahl, s. Tab. 1.

### 7. Ausbreitung anderer Pilzarten

Es darf nicht übersehen werden, daß *Fomes annosus* zwar der häufigste Kernfäuleerreger ist, daß aber stets auch mit der Anwesenheit anderer Pilze gerechnet werden muß, die eine Kernfäule verursachen. Nach welchen Gesetzen sich diese Pilze im Stamm ausbreiten, wissen wir noch nicht.

### 8. Schlußfolgerungen

Es war unsere Aufgabe, eine Methode zu finden, den Grad eines Stammfäulebefalles in einem beliebigen Fichtenbestand objektiv zahlenmäßig zu erfassen, um Rückschlüsse auf Standortseinflüsse ziehen zu können. Wir glauben, daß uns hier das Verhältnis von Fäuledurchmesser zu Stammdurchmesser einen Weg weist. Bereits früher (Zycha 1967) wurde darauf hingewiesen, daß die Regressionslinien für dieses Verhältnis dem Sinne nach gleich, aber für die einzelnen Bestände in verschiedener Höhe verlaufen. Dies konnte jetzt für weitere Probeflächen bestätigt werden (Abb. 5). Worauf sich diese Beziehung begründet, wissen wir noch nicht. Es könnte sein, daß auf den verschiedenen Standorten der Reifholzanteil der Bäume verschieden ist und die unterschiedliche Ausbreitung des Pilzes damit zusammenhängt. Es könnte aber auch sein, daß chemische Bestandteile des Holzes das Pilzwachstum beeinflussen oder daß die Infektion zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgt. Für die Beurteilung des Fäulegrades ist aber dessen Ursache zunächst nicht von Bedeutung.

Das Verhältnis von Fäuledurchmesser zu Stammdurchmesser ist durch die Regressionslinien in Abb. 5 gekennzeichnet. Um leicht übersehbare Zahlen zu erhalten, kann man alle Fäulewerte auf einen bestimmten mittleren Stammdurchmesser, etwa 25 cm, beziehen. Da nicht für alle Flächen die Regressionslinie diese Durchmesserstufe einschließt, ist allerdings in einzelnen Fällen eine Extrapolation erforderlich. Dies erscheint erlaubt, da, wie oben erwähnt, die Linien sich nachweislich nach den geringeren Stammdurchmessern verlängern lassen, wenn man Messungen nicht nur am Abhieb, sondern auch in anderer Baumhöhe vornimmt. In Tab. 3 sind die so erhaltenen Zahlenwerte wiedergegeben. Wir haben hier den beschriebenen Probeflächen noch einige hinzugefügt, für die von früheren Untersuchungen her (Zycha 1967) genügend Zahlen vorliegen („V"-Flächen).

Tab. 3
**Fäulekennzahlen verschiedener Probeflächen**

| Probe-fläche | Geologie | Faul stamm % | Fäule-Ø bei Stamm-Ø 25 cm*) | Regress. Koeffiz. | Fäule-Ø in % des Stamm-Ø (Abhieb) |
|---|---|---|---|---|---|
| F 5 | Löß über Bausandstein | 72 | 8,6 | 0,360 | 40 |
| V 29 | Grauwacke | 23 | 8,8 | 0,290 | 37 |
| F 10 | Flottsand über Grundmoräne | 38 | 10,3 | — | 41 |
| F 7 | etwa = F 10 | 86 | (10,4) | 0,370 | 40 |
| F 8 | etwa = F 10 | 77 | (11,2) | 0,410 | 46 |
| V 12 | Tert. Sand | 50 | (11,4) | 0,320 | 48 |
| F 6 | etwa = F 5 | 68 | 13,7 | 0,600 | 50 |
| F 9 | Basalt-verwitterung | 52 | (13,5) | — | 52 |
| F 3 | toniger Bunt-sandstein auf Basaltschutt | 38 | (15,1) | — | 59 |
| V 20 | Plänerkalk | 78 | 15,6 | 0,450 | 61 |
| V 24 | weißer Jura | 79 | 17,2 | 0,380 | 65 |
| F 11 | Kalk | 84 | (21,8) | 0,397 | 67 |
| V 8 | Muschelkalk mit Lößauflage | 78 | 18,7 | 0,670 | 74 |

*) Die Fäuledurchmesser sind an den entsprechenden Stellen der Regressionslinien abgelesen. Extrapolierte Werte sind in ( ) gesetzt.
Bei F 3, F 9 und F 10 wurde vom Mittelwert ausgegangen.
Alle Fäule-Durchmesserwerte beziehen sich bei den F-Flächen nur auf *Fomes annosus*, bei den V-Flächen (Probeflächen von Zycha 1967) auf alle Kernfäulen, die aber in den meisten Fällen von *Fomes annosus* verursacht sind.

Da die Errechnung der Regressionslinien einen erheblichen Arbeitsaufwand erfordert und für die Beurteilung einer großen Zahl von Beständen daher kaum infrage kommt, versuchten wir, auch einen einfacheren Weg zu gehen.

Rechnet man für jeden Stamm das Verhältnis von Fäuledurchmesser zu Stammdurchmesser in % aus, dann erhält man für jede Probefläche Werte, die zwar in einem relativ breiten Streurahmen liegen, deren Mittelwerte aber bei den verschiedenen Flächen etwa zwischen 30 % und 70 % liegen mit einem mittleren Fehler von jeweils etwa ± 2. Fast die gleichen Werte erhält man, wenn man von den Mittelwerten der Fäuledurchmesser und den Mittelwerten der Stammdurchmesser ausgeht (Tab. 4).

Ordnet man die Versuchsflächen nach dem Durchmesser der Fäule bei einem Stammdurchmesser von 25 cm (Tab. 3), dann erhält man eine Anordnung, bei der auch die Fäuledurchmesser-Prozente in gleicher Weise ansteigen.

Die in Tab. 3 gegebenen kurzen Hinweise auf den Standort lassen erkennen, daß solche Zahlen einen Hinweis auf die Bodenverhältnisse zu geben vermögen, der nach unserer Überzeugung

Tab. 4
**Verhältnis vom mittleren Fäuledurchmesser zum Stammdurchmesser** *(Fomes annosus)*

| Probe-fläche Nr. | Meßhöhe am Stamm | Stamm-zahl | Ø in cm Stamm $\bar{x}$ | Ø in cm Fäule $\bar{y}$ | Fäule-Ø in % des Stamm-Ø |
|---|---|---|---|---|---|
| F 3 | 0,3 | 10 | 29,2 | 17,2 | 59 |
| | 1,3 | 10 | 20,2 | 12,1 | 60 |
| F 5 | 0,3 | 42 | 27,6 | 10,6 | 40 |
| | 1,3 | 41 | 19,8 | 7,8 | 40 |
| F 6 | 0,3 | 68 | 27,6 | 13,7 | 50 |
| | 1,3 | 52 | 20,1 | 10,8 | 54 |
| | 3,3 | 25 | 19,4 | 8,2 | 42 |
| F 7 | 0,5 | 74 | 42,8 | 17,2 | 40 |
| | 1,5 | 61 | 35,0 | 13,0 | 37 |
| F 8 | 0,5 | 188 | 38,5 | 17,7 | 46 |
| | 1,5 | 174 | 31,9 | 13,5 | 42 |
| F 9 | 0,3 | 17 | 28,8 | 15,1 | 52 |
| | 1,3 | 13 | 22,2 | 13,6 | 61 |
| F 10 | 0,5 | 18 | 25,6 | 10,6 | 41 |
| | 1,5 | 16 | 23,1 | 8,7 | 38 |
| F 11 | 0,3 | 74 | 43,0 | 29,0 | 67 |
| | 1,3 | 73 | 30,6 | 19,9 | 65 |

den Fäulegrad besser charakterisiert als das Faulstamm-Prozent. Wir sind uns allerdings darüber im Klaren, daß erst die in Gang befindliche genauere bodenkundliche Untersuchung Aufschlüsse über die wahre Beziehung von Fäulegrad zum Standort geben wird.

Betrachtet man die von uns errechneten Regressions-Koeffizienten, so zeigt sich, daß diese unterschiedlich sind, daß also die Kurven einen verschieden steilen Verlauf zeigen. Man hat den Eindruck, daß der Koeffizient um so größer ist, je ausgedehnter die Fäule ist. Tab. 3 zeigt aber, daß hier nicht die gleichen Beziehungen vorliegen wie bei den anderen Fäulewerten. Diese Koeffizienten erscheinen somit zunächst nicht geeignet, den Fäulegrad zu charakterisieren. Es ist aber möglich, daß hier eine noch nicht erkannte Beziehung zu standörtlichen Gegebenheiten vorliegt.

## Zusammenfassung


1. Die in 11 Fichtenbeständen *(Picea abies)* durchgeführten Untersuchungen über das Ausmaß der durch *Fomes annosus* verursachten Rotfäule wurden ausgewertet um ein objektives Maß für den Grad des Pilzbefalles auf verschiedenen Standorten zu finden.

2. Die relative Anzahl kernfauler Bäume („Faulstammprozent") ist kein eindeutiges Maß für den Fäulegrad.

3. Es konnte eine signifikante lineare Beziehung zwischen den Durchmessern der durch *Fomes annosus* hervorgerufenen Fäule und den zugehörigen Stammdurchmessern festgestellt werden, die vom Standort abhängig ist.

4. Bestimmt man anhand errechneter Regressionslinien den Fäuledurchmesser, der z. B. einem Stammdurchmesser von 25 cm entspricht, dann erhält man für jede Probefläche einen Fäulewert, der für den Standort charakteristisch ist. Er beträgt z. B. bei einem Standort 8,6 cm, bei einem anderen 18,5 cm.

5. Gleichsinnige Werte für den Fäulegrad erhält man auch, wenn man den Mittelwert aller auf einem Standort gemessenen Fäuledurchmesser in Prozent des dazugehörigen mittleren Stammdurchmessers ausdrückt. So erhält man je nach dem Standort einen Fäuledurchmesser, der zwischen 30 und 70 % des Stammdurchmessers liegt.

6. Die gefundenen Zahlen charakterisieren die Ausbreitung von *Fomes annosus* im Stamm auf den verschiedenen Standorten. Für andere Pilze, die gelegentlich als Stammfäuleerreger auftreten, konnte die Fäuleausbreitung noch nicht bestimmt werden.

7. Die *Fomes annosus*-Fäule erreicht im Durchschnitt eine Höhe, die etwa dem 22-fachen des Fäuledurchmessers am Abhieb entspricht.


## Summary


Title of the paper: *Results of detached measurements of red rot caused by Fomes annosus in spruce forests.*

1. The degree of *Fomes annosus* butt rot in 11 stands of *Picea abies* was measured to get an exact valuation. The following results were gained.

2. We do not share the opinion that the relative number of trees with butt rot (the percentage of attacked trees) is an unequivocal measurement of the degree of butt rot.

3. On each site a significant linear relation was found between the diameter of decay caused by *Fomes annosus* and the corresponding stem diameter.

4. The diameter of the decay area calculated for a certain standard butt diameter (for example for 25 cm butt diameter) does give for each spruce stand a "rot value" which was found to be characteristic for each stand. The rot value was found for example to be 8,6 cm for one stand, 18,5 cm for another stand of spruce trees.

5. Values corresponding to the "rot values" we get also by calculating the mean decay diameter of a stand as percentage of the belonging butt diameter. Characterising the site we get rot values between 30 and 70 %.

6. The calculated figures characterise the spread of *Fomes annosus* in the butt at different spruce stands. For fungi which occur besides *Fomes annosus* occasionally as butt rot organisms the spread of the decay could not jet be determined.

7. The *Fomes annosus* rot reaches an average high, which is about 22 fold the diameter of the decay area in the cross section of the stump. A.


## Résumé


Titre de l'article: *Résultats des mesures objectives de la pourriture rouge provoquée par Fomes annosus dans des peuplements d'épicéas.*

1. Les recherches poursuivies dans 11 peuplements d'épicéa *(Picea abies)* sur l'extension de la pourriture rouge provoquée par *Fomes annosus* ont été interprétées en vue de chiffrer d'une façon objective le «degré» de l'attaque cryptogamique sur différentes stations.

2. Le pourcentage d'arbres atteints par pourriture rouge ne constitue pas une base satisfaisante pour estimer le degré de l'attaque.

3. Il est possible d'établir une relation linéaire significative entre le diamètre de la section pourrie à la suite de l'attaque de *Fomes annosus* et le diamètre de l'arbre correspondant; cette relation est liée à la station.

4. Si l'on estime à l'aide de la droite de regression, le diamètre de la section pourrie, celui qui correspond par exemple à un diamètre du fut de 25 cm, on obtient pour chaque parcelle expérimentale un nombre qui est caractéristique de la station. Ce sera, par exemple, 8,6 cm pour une station, 18,5 cm pour une autre.

5. On obtient des valeurs également valables si l'on calcule la moyenne de tous les diamètres de la pourriture sur une station donnée en pour cent des diamètres des arbres correspondants. De cette manière des pourcentages de 30 à 70 caractérisent la pourriture sur une certaine station.

6. Les nombres trouvés caractérisent la diffusion du *Fomes annosus* dans le fut pour différentes stations. Pour d'autres

champignons, qui occasionnellement sont cause d'une pourriture du tronc, la diffusion de cette pourriture ne peut être chiffrée.

7. La pourriture due au Fomes atteint une hauteur égale à 22 fois environ le diamètre de la section pourrie au niveau du sol.

J. M.

**Literatur**

DIMITRI, L.: Untersuchungen über die unterirdischen Eintrittspforten der wichtigsten Rotfäuleerreger bei der Fichte (Picea abies Karst.). Forstwiss. Ctrbl. 88, 281 - 308, 1969. — KATO, F.: Auftreten und Bedeutung des Wurzelschwammes (Fomes annosus (Fr.) Cooke) in Fichtenbeständen Niedersachsens. Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen, H. 39, 35 - 120, 1967. — ROHMEDER, E.: Die Stammfäule (Wurzelfäule und Wundfäule) der Fichtenbestockung. Mitt. Landesforstverw. Bay. H. 23, München, 1937. — SCHÖNHAR, S.: Untersuchungen über das Vorkommen von Rotfäulepilzen in Fichtenbeständen der Schwäbischen Alb. Mitt. Verein Forstl. Standortskde. u. Forstpflanzenzüchtg. H. 19, 20 - 28, 1969. — ZYCHA, H.: Die Beurteilung des Rotfäulebefalls in Fichtenbeständen. Schriftenreihe Forstl. Fak. Univ. Göttingen, H. 39, 9 - 31, 1967. — ZYCHA, H. und L. DIMITRI: Ausmaß und Ursache der Kernfäule in einer Fichtenprobefläche in Reinhausen (Niedersachsen). Forstwiss. Ctrbl. 87, 331 - 341, 1968. — ZYCHA, H. und B. ULRICH: Die Rotfäule der Fichte. Sammelbericht über neue Forschungen in Deutschland. Forstarchiv 40, 209 - 212, 1969.

# Der Einfluß ertragskundlich-standortskundlicher Forschungsergebnisse auf Bonitierung und Ertragsregelung bei der Forsteinrichtung in Baden-Württemberg

(Mit 7 Abbildungen und 1 Tabelle)

Von HANS-ULRICH MOOSMAYER, Stuttgart

## 1. Einleitung

Die Bonitierung der Waldbestände bei der Forsteinrichtung dient nicht zuletzt dem Zweck, den Gesamtzuwachs für eine bestimmte Periode so genau wie möglich zu bestimmen. Bei der Festlegung des Hiebssatzes spielen die Zuwachswerte eine entscheidende Rolle. Die Möglichkeiten, die der Forsteinrichtung zur Lösung des Bonitierungsproblems gegeben sind, hängen weitgehend vom Stand der ertragskundlichen Forschung ab. Dabei kommt der Arbeitsrichtung, die sich der Auswertung der forstlichen Standortskarten widmet, eine besondere Bedeutung zu.

Von 1948 bis 1967 wurden in Baden-Württemberg 30 % der gesamten Waldfläche (dabei 63 % des Staatswaldes und 28 % des Körperschaftswaldes) nach dem für das ganze Land verbindlichen Verfahren standortskundlich kartiert (vgl. SCHLENKER 1964, SCHEIFELE 1968). Eine ertragskundliche Auswertung der Standortskarten begann 1950. Die bis zum Jahre 1967 ertragskundlich bearbeiteten Wuchsbezirke nehmen 35 % der Gesamtwaldfläche ein. Dieser Prozentsatz übertrifft den der kartierten Fläche, weil die ertragskundliche Auswertung eines Wuchsbezirks abgeschlossen werden kann, wenn Standortskarten für einen genügend großen, repräsentativen Teil seiner Waldfläche vorliegen. Die ertragskundlichen Untersuchungen richteten sich in erster Linie auf die weit verbreiteten Baumarten oder Bestandestypen. Im Vordergrund des Interesses stand bisher die Fichte, die auch der Erprobung neuer Methoden verhältnismäßig leicht zugänglich ist. Etwa 40 % der gesamten Fichtenfläche wurden ertragskundlich-standortskundlich bearbeitet. Der entsprechende Prozentsatz bei der Buche, der neben der Fichte die meisten Untersuchungen galten, beträgt 35 %. Auch für andere Baumarten liegen Ergebnisse vor, doch sind sie weniger zahlreich als bei den beiden Hauptbaumarten Baden-Württembergs.

Die Entwicklung der ertragskundlich-standortskundlichen Forschung hat der praktischen Forsteinrichtung — vor allem der Bonitierung und Ertragsregelung — neue Möglichkeiten erschlossen. Der jetzige Stand ist dadurch gekennzeichnet, daß zwar die Aufgabe einer umfassenden ertragskundlichen Auswertung der Standortskarten noch nicht vollständig gelöst ist, daß aber doch schon eine Fülle von Ergebnissen zur Verfügung steht, deren Anwendung in der Forsteinrichtung selbstverständlich geworden ist. Die folgende Darstellung trägt so den Charakter einer Zwischenbilanz, an die sich eine Prognose anschließt[1]).

[1]) Der Abt. Forsteinrichtung der Forstdirektion Nordwürttemberg danke ich für vielfältige Unterstützung, besonders beim Anfertigen der graphischen Darstellungen.

## 2. Rückblick

In den Jahren 1958 und 1959 wurde bei den Vorbereitungen zu der neuen Dienstanweisung für die Forsteinrichtung in Baden-Württemberg (FED 1960) eingehend die Frage der künftigen Bonitierungsgrundlagen diskutiert (vgl. MITSCHERLICH 1959). Zu dieser Zeit lagen schon einige größere ertragskundlich-standortskundliche Arbeiten vor, so daß die Möglichkeiten, die sich daraus für die Forsteinrichtung ableiten ließen, wenigstens in den Grundzügen beurteilt werden konnten. Einigkeit bestand darüber, daß Bonitierung und Ertragsregelung so weit wie möglich von diesen neuen Unterlagen Gebrauch machen sollten. Die Diskussion befaßte sich lediglich mit dem zweckmäßigsten Weg. Die Entscheidung fiel schließlich für ein offenes System, in das neue Ergebnisse laufend eingebaut werden können. Ausgangspunkt dieses Systems ist eine Ertragstafel, die mit Hilfe der ertragskundlichen Auswertung der Standortskarten auf die Wirklichkeit hin korrigiert wird. Dabei sind bei der Zweistufigkeit des standortskundlichen Verfahrens Korrekturen auf der regionalen Ebene (Wuchsbezirke oder Wuchsbezirksgruppen) und auf der lokalen Ebene (Standortseinheiten) denkbar. Den vorhandenen Grundlagen entsprechend ergibt sich eine verschieden große Bedeutung der Ertragstafel: stehen keine standortstypischen Daten als Korrekturhilfe zur Verfügung, bleibt die Ertragstafel zunächst wesentliches Hilfsmittel; je umfangreicher und je besser die standortsbezogenen Grundlagen sind, desto weiter kann man die Ertragstafel zurücklassen, bis am Ende die völlige Freiheit von der Tafel steht, die dann allenfalls noch die Bedeutung eines Maßstabes für Vergleiche hat.

Die Antwort auf die Frage, welche Ertragstafel als Basis zu wählen sei, wurde sehr lange überlegt. Zur Debatte stand zunächst die Aufstellung einer völlig neuen Ertragstafel. Diese hätte den mittleren standörtlichen Verhältnissen des Landes entsprechen sollen; für die Korrekturen nach oben und unten wären die speziellen ertragskundlich-standortskundlichen Untersuchungen maßgebend gewesen. Der Gedanke an eine neue Ertragstafel wurde aber wieder verworfen, weil ihre Aufstellung zweifellos sehr viel Zeit beansprucht hätte. Erst nach einem weiten Voranschreiten der Standortskartierung wäre es möglich gewesen, mit der Erforschung des mittleren Wachstumsgangs der verschiedenen Baumarten oder Bestandestypen zu beginnen. Dabei hätten sich dann sicher weitere Schwierigkeiten ergeben, weil bei dem großen standörtlichen Spielraum in Baden-Württemberg so extrem verschiedene Wachstumsgänge vorkommen (z. B. Kiefer der Rheinebene und Schwarzwaldhöhenkiefer), daß zwischen ihnen nur eine fiktive mittlere Linie ohne Aussagekraft denkbar gewesen wäre.

Man entschloß sich daraufhin, bereits vorhandene Ertragstafeln als Grundlage zu benützen. Dabei war die Überlegung maßgebend,

daß bei dem entscheidenden Einfluß der standortstypischen Korrekturfaktoren die Wahl der Bezugstafel zweitrangig sei. Die vor allem auf dem Material der Preußischen Forstlichen Versuchsanstalt fußenden Ertragstafeln, die in Form der neu zusammengestellten Sammlung WIEDEMANN/SCHOBER (1957) vorlagen, erhielten schließlich den Vorzug vor den Tafeln der Württ. Forstlichen Versuchsanstalt (letzte Zusammenstellung: Württ. Forstdirektion 1952) und den Badischen Hilfstabellen für Forsttaxatoren (PHILIPP 1931). Für diese Entscheidung war vor allem wichtig, daß auch die landeseigenen Ertragstafeln zwangsläufig (schon vom Spektrum der Versuchsflächen-Grundlagen her) für viele Standortsverhältnisse nicht zutrafen und auch keineswegs immer dem Landesdurchschnitt nahekamen. Für die Ertragstafelsammlung WIEDEMANN/SCHOBER sprach, daß sie im übrigen Bundesgebiet am meisten verwendet wurde und deshalb als Vergleichsmaßstab gut geeignet war. Auf die Eigenschaft einer Vergleichsbasis soll ja die Ertragstafel beim bad.-württ. Verfahren im Endzustand reduziert werden. Ausschlaggebend war weiterhin, daß damals schon abzusehen war, das neue Bewertungsgesetz werde zur Feststellung der Einheitswerte die Zahlen der WIEDEMANN/SCHOBER-Sammlung zugrunde legen. Es war anzunehmen, daß deren Verwendung als Bezugsgröße die Arbeit bei der Einheitsbewertung erleichtern würde.

In die neuen Hilfstafeln für die Forsteinrichtung (Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 1966) wurden aus allen diesen Gründen die Ertragstafeln der Sammlung WIEDEMANN/SCHOBER aufgenommen. Die ursprünglichen Tafelwerte (Relativbonitäten) wurden allerdings noch nach mathematisch-statistischen Gesichtspunkten ausgeglichen und in absolute Ertragsklassen (dGz 100) übersetzt. Teilweise mußte über den Rahmen der Originaltafel hinaus extrapoliert werden.

Die Veröffentlichung der neuen Hilfstafeln hat verschiedentlich zu Mißverständnissen geführt. So wurde die Rolle, welche die Ertragstafeln bei der Bonitierung und Ertragsregelung spielen, in einer Arbeit von ASSMANN (1967) wohl überschätzt. Die vorliegende Darstellung möchte dazu beitragen, solche Mißverständnisse auszuräumen.

## 3. Die wesentlichen Ergebnisse der ertragskundlichen Auswertung von Standortskarten in Baden-Württemberg

Bei dem angeschnittenen Problem sind die beiden Grundbeziehungen Alter/Mittelhöhe und Mittelhöhe/Gesamtwuchsleistung (vgl. ASSMANN 1959) von besonderer Wichtigkeit. Sie stehen deshalb hier ganz im Vordergrund; die übrigen ertragskundlichen Elemente oder Beziehungen sollen gestreift werden, soweit sie für die Forsteinrichtung von Bedeutung sein können.

### 3.1. *Die Beziehung Alter/Mittelhöhe*

Die Herleitung der standortstypischen Mittelhöhenentwicklung bildet ein Kernstück jeder ertragskundlichen Auswertung von Standortskarten. Daß das Gewicht hier auf der Mittelhöhe liegt — und nicht etwa auf der gegen Bestandeseinflüsse meist weniger empfindlichen Oberhöhe — hängt damit zusammen, daß in Baden-Württemberg die Mittelhöhe (Höhe des Grundflächenmittelstammes) seit langem Bonitierungsmaßstab ist. Die ertragskundlich-standortskundlichen Untersuchungen waren von Anfang an auch darauf angelegt, die Grundlagen der Forsteinrichtung zu verbessern und konnten deshalb an deren Anforderungen nicht vorübergehen. Außerdem wurden als Material für die ertragskundliche Auswertung der Standortskarten auch Daten der Forsteinrichtung verwendet; hier standen in der Regel nur Mittelhöhenwerte zur Verfügung.

Die auf Standortsunterschiede fein reagierende Korrelation Alter/Mittelhöhe muß auf das kleinste Element der Standortsgliederung bezogen werden, wenn sie über den Faktor Standort ewas aussagen soll. Dieses kleinste Element ist in Baden-Württemberg die Standortseinheit. Für den Rahmen einer Standortseinheit kann die tatsächliche Mittelhöhenenwicklung einer Baumart aus einer genügenden Anzahl langfristig beobachteter Versuchsflächen oder aus Analysen gefällter Probestämme gewonnen werden. Im zweiten Fall werden Oberhöhenstämme analysiert, aus deren Höhenentwicklung über Durchschnittswerte die Entwicklung der Mittelhöhe abgeleitet wird. Da diese Verfahren allein selten ausreichten, wurde oft versucht, aus vergleichbaren Beständen verschiedenen Alters eine Wuchsreihe zu konstruieren (vgl. ASSMANN 1955). An die Vergleichbarkeit dieser Bestände sind strenge Maßstäbe zu legen. An der Spitze steht dabei die bereits genannte Einheitlichkeit des Standorts, der durch die Begrenzung auf die einzelne Standortseinheit so weit Rechnung getragen wird, wie es die Grundlage der Standortskarte ermöglicht. Dazu kommt noch eine ganze Anzahl von Merkmalen, die bei den zu einer Wuchsreihe zusammengefaßten Beständen weitgehend übereinstimmen müssen (vgl. MITSCHERLICH 1959): Saatgutherkunft, Art der Bestandesbegründung, Art der Bestandespflege, Sondermaßnahmen (z. B. Düngung), Schäden (z. B. Schneebruch), geschichtliche Besonderheiten (z. B. Art des Vorbestandes, Einstellung der Waldweide oder Streunutzung). Wenn diese Bedingungen für genügend Bestände mit guter Verteilung über die Altersstufen erfüllt sind, läßt sich die standortstypische Mittelhöhenentwicklung ohne großen Aufwand erschließen — es sind nur Höhenmessungen erforderlich. Nun läßt sich die Übereinstimmung sämtlicher Merkmale nicht immer vollständig prüfen; teilweise mangelt es auch an brauchbaren Beständen. Die Wuchsreihen sind deshalb häufig mit einem gewissen Vorbehalt zu betrachten. Um diesem Mangel zu begegnen, wurden, wo immer möglich, echte Entwicklungsgänge aus Versuchsflächen oder Höhenanalysen zur Kontrolle bzw. Korrektur herangezogen. Die standortstypischen Altershöhenkurven sind vielfach Mischformen aus solchen wirklichen Entwicklungen und aus dem Nebeneinander zahlreicher Höhenwerte verschieden alter Bestände.

#### 3.1.1. Fichte

Bei der Fichte im reinen oder nahezu reinen Bestand (bis zu 10 % Anteile anderer Baumarten) ist die Korrelation Alter/Mittelhöhe für 78 Standortseinheiten aus 13 Wuchsbezirken oder Wuchsbezirksgruppen bekannt. Um den Vergleich mit einer Ertragstafel zu erleichtern, werden die Altershöhenkurven häufig in Linien der Bonitätsveränderung umgewandelt. Auf den Abb. 1 und 2 wird die Bonitätsveränderung der Fichte im Bereich einiger typischer Standortseinheiten dargestellt. Bezugsmaßstab ist die Fichtenertragstafel von WIEDEMANN 1936/1942 für mäßige Durchforstung.

Die Abb. 1 und 2 sollen vor allem einen regionalen Vergleich zeigen, d. h. einen Vergleich zwischen Standortseinheiten aus verschiedenen Wuchsbezirken oder Wuchsbezirksgruppen; bei der Zweistufigkeit des bad.-württ. Verfahrens der Standortskartierung liegt für jeden Wuchsbezirk bzw. für jede Wuchsbezirksgruppe eine besondere Gliederung nach Standortseinheiten vor. Das Regionalklima übt trotz der großen Unterschiede zwischen den Standortseinheiten vielfach einen so starken Einfluß aus, daß sich für den ganzen Wuchsbezirk eine ziemlich einheitliche Tendenz der Bonitätsveränderung abzeichnet (MOOSMAYER 1967). Wenn Standortseinheiten aus verschiedenen Wuchsbezirken mit dem Ziel verglichen werden, den regionalen Einfluß deutlich zu machen, so müssen sie sich so nahe wie möglich stehen; im Idealfall sollten die Unterschiede ausschließlich im Regionalklima liegen. Ein Beispiel, bei dem dies nahezu verwirklicht ist, bilden die Standortseinheiten Buchenwald auf mittelgründigem und Buchenwald auf tiefgründigem Kalkverwitterungslehm, die sowohl in Wuchsbezirken des württembergischen Neckarlandes (kolliner Bereich) als auch in Wuchsbezirken der Schwäbischen Alb (kontinental-montaner Bereich) vorkommen. Der Boden stammt im ersten Fall

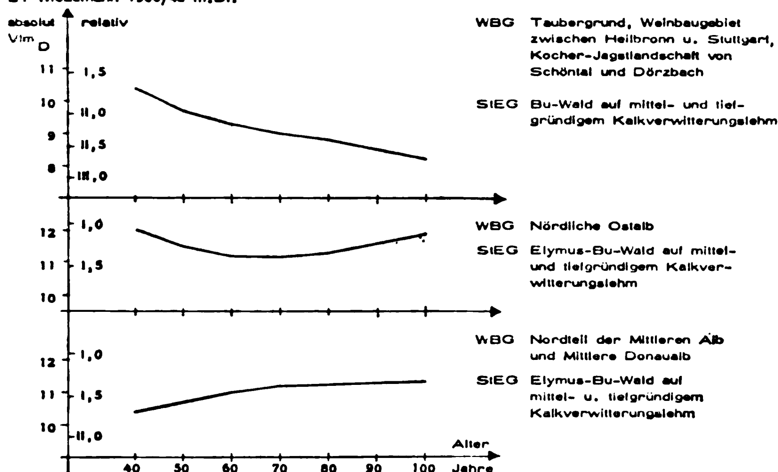



**Abb. 1**

***Bonitätsveränderung der Fichte auf mittel- und tiefgründigem Kalkverwitterungslehm in 3 Wuchsbezirksgruppen.***

Die Standortseinheiten-Gruppe (StEG) Bu-Wald bzw. Elymus-Bu-Wald auf mittel- und tiefgründigem Kalkverwitterungslehm kommt ähnlich ausgeprägt in 3 verschiedenen Wuchsbezirksgruppen (WBG) vor. Die Differenzen in der Bonitätsveränderung gehen fast ausschließlich auf das unterschiedliche Regionalklima zurück: Bonitätsabfall im kollinen Bereich (oben), Gleichbleiben oder Ansteigen der Bonität im kontinental-montanen Bereich (Mitte und unten).

Grundlagen (von oben nach unten): GÜNTHER 1955, MOOSMAYER 1957, WERNER 1962.

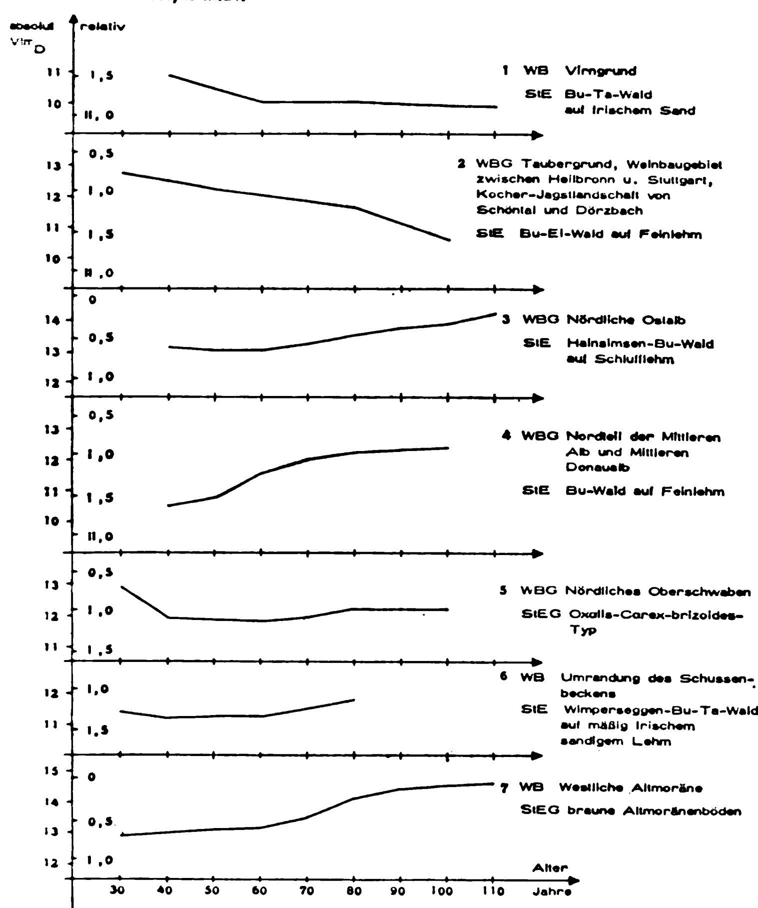



**Abb. 2**

***Bonitätsveränderung der Fichte auf etwa vergleichbaren Standortseinheiten in 7 Wuchsbezirken oder Wuchsbezirksgruppen.***

Diesem großräumigen Vergleich über 7 Wuchsbezirke (WB) oder Wuchsbezirksgruppen (WBG) liegen Standortseinheiten (StE) oder Standortseinheiten-Gruppen (StEG) zugrunde, die für das Fichtenwachstum als annähernd gleichwertig gelten können. Die Unterschiede in der Bonitätsveränderung werden im wesentlichen — wenn auch nicht so eindeutig wie bei Abb. 1 — vom Regionalklima bestimmt (vgl. dazu auch Abb. 3).

Grundlagen: HASENMAIER 1957, GÜNTHER 1955, MOOSMAYER 1957, WERNER 1962, HAUSSER 1964, EH 1962, KÄLBLE 1966. Die Nomenklatur wurde auf den neuesten Stand gebracht, für die Standortseinheiten-Gruppen wurden nur Kurzbezeichnungen angegeben.

aus der Verwitterung des Muschelkalks, im zweiten Fall aus der des Weißen Juras. Die Unterschiede in den Bodenverhältnissen sind aber so gering, daß die Differenzen fast ausschließlich auf das Regionalklima zurückgeführt werden können. Abb. 1 zeigt diesen Vergleich für 3 Wuchsbezirksgruppen. Das warm-trockene Regionalklima des Neckarland-Teils (1. Wuchsbezirksgruppe auf Abb. 1) führt zu einem ständigen Absinken der Höhenbonität mit zunehmendem Alter. Bei der Nördlichen Ostalb sinkt die Bonität zunächst ab, steigt aber dann wieder an, so daß sie im Alter 100 wieder annähernd jener des Alters 40 entspricht. Im Bereich der Wuchsbezirksgruppe Nordteil der Mittleren Alb und Mittlere Donaualb steigt die Bonität stetig an, insgesamt um 0,4 Gütegrade.

Beide Wuchsbezirksgruppen der Schwäb. Alb zeichnen sich durch ein kühl-feuchtes Regionalklima aus; der Quotient aus Niederschlag und Mittel der Lufttemperatur für das Sommerhalbjahr liegt bei 38 bis 40 gegenüber 28 bei der Wuchsbezirksgruppe des württ. Neckarlandes.

Bei dem auf Abb. 2 angestellten großräumigen Vergleich, der die ganze Nord-Süd-Ausdehnung Baden-Württembergs umfaßt, ist eine so große Ähnlichkeit der aus den verschiedenen Wuchsbezirken gewählten Standortseinheiten nicht zu erreichen. Wir müssen uns hier mit Standortseinheiten begnügen, die innerhalb der jeweiligen Standortsgliederung etwa denselben „Stellenwert" besitzen. Ausgesucht wurden gute, nicht degradierte Fichtenstand-

orte mit einem Wasser- und Lufthaushalt der Stufe „frisch" oder mindestens „mäßig frisch". Die einheitlichen Bodenverhältnisse sind schwerer zu gewährleisten, da nicht in allen Wuchsbezirken dieselben Ausgangssubstrate vorkommen. Immerhin entstammen die Böden bei 6 der 7 untersuchten Standortseinheiten einem diluvialen Material. Es handelt sich dabei zum einen Teil um Moränelehme, zum anderen Teil um Lößlehme oder ähnliche Lehme nichtäolischer Herkunft. Die Böden gehören zwar nicht alle zu einer Öko-Serie (vgl. zum Begriff „Öko-Serie" S. MÜLLER 1967), aber doch zu Öko-Serien, die sich sehr nahe stehen; wir vergleichen hier also Böden, die für die Vegetation (und speziell für die Fichte) ähnliche Substrate bilden. Für den Wuchsbezirk Virngrund mußte ein Boden gewählt werden, dessen Ausgangsmaterial ein Keupersandstein ist; er steht den übrigen Böden ferner, kann aber auf Grund seiner Wertigkeit für das Fichtenwachstum doch für den geplanten Vergleich verwendet werden.

Im Bodentyp sind sich alle 7 Standortseinheiten recht ähnlich. Fast überall herrscht die Parabraunerde vor; Übergänge bestehen zur Braunerde, podsoligen Parabraunerde und Pseudogley-Parabraunerde. Bei einer Gruppierung der wesentlichen Standortseinheiten aus Baden-Württemberg nach 5 Trophie-Stufen (eutroph, mesotroph, oligotroph und 2 Zwischenstufen) fielen alle auf Abb. 2 verglichenen Standortseinheiten in die mittlere Stufe „mesotroph". Es bestehen also in dem am Standort wirksamen Nährstoffkomplex keine wesentlichen Unterschiede. Insgesamt können wir feststellen,

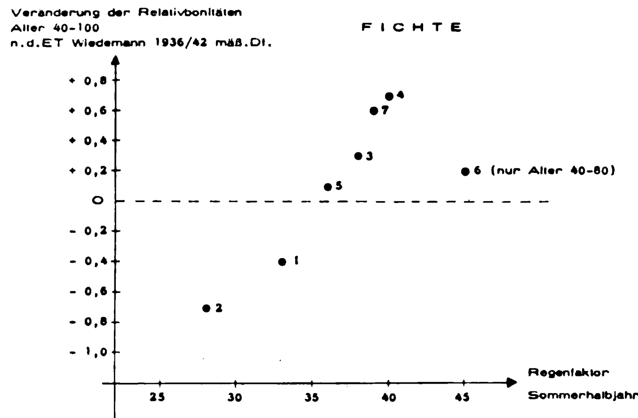



Abb. 3
*Zusammenhang zwischen der Bonitätsveränderung der Fichte und dem Regenfaktor im Sommerhalbjahr.*
Für die auf Abb. 2 dargestellten Einheiten der Standortsgliederung (Bedeutung der Ziffern siehe dort) zeigt sich ein recht enger Zusammenhang zwischen Bonitätsveränderung und Regenfaktor im Sommerhalbjahr (Quotient aus dem Niederschlag April — September und der mittleren Temperatur für die gleiche Zeit). Je höher der Regenfaktor ist, desto zügiger und anhaltender verläuft im Altersbereich 40 - 100 die Entwicklung der Mittelhöhe.

daß die Standortseinheiten auf Abb. 2 sich in ihren lokalen Faktoren so ähnlich sind, daß die Unterschiede im Fichtenwachstum weitgehend auf regionalen Einflüssen beruhen müssen. Die Abb. 2 zeigt also vorwiegend, in welchem Maße sich das Regionalklima auf die Altershöhenkurven der Fichte auswirkt.

In der Altersspanne 40 - 100, die mit einer Ausnahme von den verglichenen Kurven erfaßt wird, ist in 2 Wuchsbezirken bzw. Wuchsbezirksgruppen ein Absinken der Höhenbonität festzustellen. Ein Absinken um 0,7 Relativbonitäten zeigt sich in der Wuchsbezirksgruppe Taubergrund, Weinbaugebiet zwischen Heilbronn und Stuttgart, Kocher-Jagst-Landschaft von Schöntal und Dörzbach. Es folgt der Wuchsbezirk Virngrund mit einem Abfallen um 0,4 Gütegrade. Der stärkste Anstieg der Höhenbonität ist in der Wuchsbezirksgruppe Nordteil der Mittleren Alb und Mittlere Donaualb mit 0,7 Relativbonitäten zu beobachten. Ein ähnlicher Wert ergibt sich im Wuchsbezirk Westliche Altmoräne (0,6). Der Bonitätsanstieg im Bereich der Wuchsbezirksgruppe Nördliche Ostalb beträgt 0,3, im Wuchsbezirk Umrandung des Schussenbeckens 0,2 Gütegrade. In der Altersspanne 40 - 100 ist bei der Wuchsbezirksgruppe Nördliches Oberschwaben keine wesentliche Bonitätsveränderung abzulesen. Dem Anstieg um 0,1 Gütegrade in dieser Zeit geht aber vom Alter 30 - 40 ein Absinken um 0,4 Gütegrade voraus.

Die Einflüsse des Regionalklimas auf das Höhenwachstum der Fichtenbestände sind sicher sehr kompliziert; außerdem konnte die Wirkung der lokalen Faktoren bei den auf Abb. 2 verglichenen Standortseinheiten nicht vollständig ausgeschaltet werden. Trotzdem ergibt die auf Abb. 3 gezeigte Korrelation zwischen dem regionalen Regenfaktor im Sommerhalbjahr (Quotient aus dem Niederschlag von April bis September und der mittleren Temperatur für die gleiche Zeit) und der Bonitätsveränderung (Alter 40 - 100) ein recht deutliches Bild: je höher der Regenfaktor ist, desto anhaltender läuft häufig die Entwicklung der Mittelhöhe in dem genannten Altersbereich ab.

Als weitere Beispiele für standortsbezogene Bonitätsveränderungen sollen noch die beiden Extreme beschrieben werden, die sich nach den bisherigen Untersuchungen ergeben haben. Den stärksten Bonitätsanstieg weist die Standortseinheit Buchenwald auf frischem Schichtlehm innerhalb der Wuchsbezirksgruppe Nördliche Ostalb auf; der Anstieg von Alter 40 - 100 beträgt beinahe 1,0 Gütegrade. Der deutlichste Bonitätsabfall wurde bei der Standortseinheit Buchen-Eichenwald auf mäßig trockenem Sand im Wuchsbezirk Waldenburger Berge beobachtet; die Höhenbonität sinkt hier vom Alter 40 - 90 um 1,9 Gütegrade ab.

### 3.1.2. Buche

Bei den übrigen Baumarten oder Bestandestypen ist ein so großräumiger Überblick wie beim nahezu reinen Fichtenbestand noch

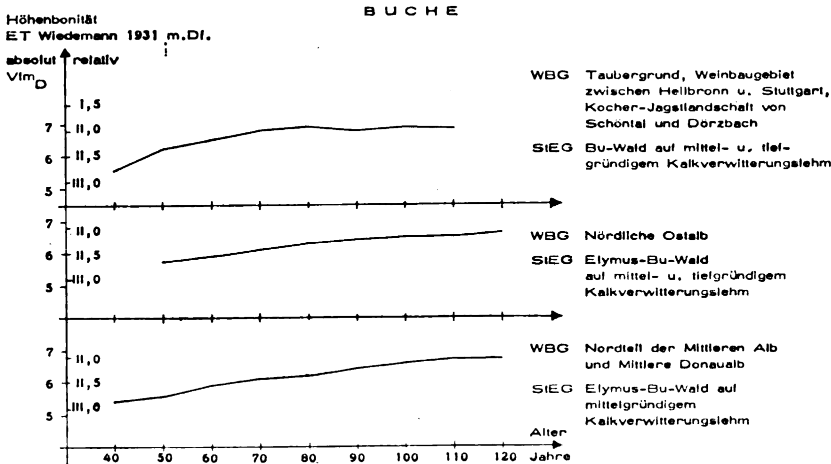



Abb. 4
*Bonitätsveränderung der Buche auf mittel- und tiefgründigem Kalkverwitterungslehm in 3 Wuchsbezirksgruppen.*
Es ist dies die analoge Darstellung zur Abb. 1 für die Fichte. Bei der Buche bewirkt das unterschiedliche Regionalklima bei den gegebenen lokalen Faktoren (Kalkverwitterungslehm!) im kollinen Bereich (oben) und im kontinental-montanen Bereich (Mitte und unten) keine wesentlichen Unterschiede in der Entwicklung der Mittelhöhe. Hier zeigt sich ein deutlicher Gegensatz zur Fichte.
Grundlagen: wie Abb. 1.

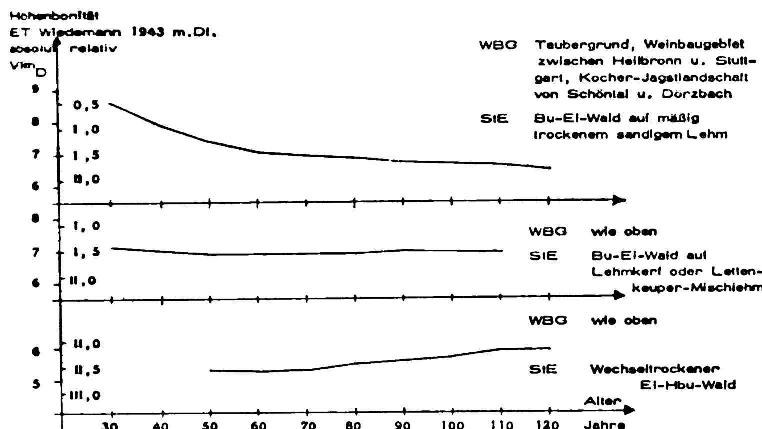



Abb. 5
*Bonitätsveränderung der Kiefer (Forche) im Bereich von 3 Standortseinheiten derselben Wuchsbezirksgruppe.* Die 3 Beispiele sind typisch für Formen und Größenordnungen der Bonitätsveränderung der Kiefer, wie sie nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen vorkommen.
Grundlagen: Günther 1955.

nicht möglich. Immerhin liegen für den Buchenbestand eingehende Untersuchungen aus verschiedenen Wuchsbezirken oder Wuchsbezirksgruppen vor, so daß auch hier einige typische Ergebnisse dargestellt werden können. Abb. 4 zeigt (analog zu der Abb. 1 bei der Fichte) die Bonitätsveränderung der Buche für die zusammengefaßten Standorteinheiten Buchenwald auf mittelgründigem und auf tiefgründigem Kalkverwitterungslehm aus 3 Wuchsbezirksgruppen (bei der Wuchsbezirksgruppe Nordteil der Mittleren Alb und Mittlere Donaualb handelt es sich im wesentlichen nur um mittelgründige Kalkverwitterungslehme). In allen Fällen ist ein Bonitätsanstieg zu beobachten, der zwischen 0,5 und 0,8 Gütegraden liegt. Auch in der Höhe der Bonität bestehen nur geringfügige Unterschiede. Der Kalkverwitterungslehm ermöglicht also der Buche unabhängig von den hier vertretenen Regionalklimaten ein nahezu gleiches Wachstum. Ganz anders sind die Verhältnisse bei der Fichte (vgl. Abb. 1); ihr gestattet das feucht-kühle Klima der Alb ein wesentlich besseres Wachstum als das warm-trockene des Neckarlandes. Im Bereich der bis jetzt untersuchten Standortseinheiten steigt die Höhenbonität der Buche gegenüber der Ertragstafel Wiedemann in der Mehrzahl der Fälle leicht an. Es kommt aber auch ein Absinken vor. Das ausgeprägteste Beispiel mit einem Rückgang um 0,8 Relativbonitäten in der Altersspanne 40 - 110 wurde im Bereich der Wuchsbezirksgruppe Taubergrund, Weingebaugebiet zwischen Heilbronn und Stuttgart, Kocher-Jagstlandschaft von Schöntal und Dörzbach bei der Standortseinheit Buchen-Eichenwald auf mäßig trockenem sandigem Lehm beobachtet.

### 3.1.3. Kiefer

Bei der Kiefer (Forche) sind umfassende regionale Vergleiche wie bei Fichte und Buche noch nicht möglich. Als Beispiel für die erzielten Ergebnisse werden deshalb auf Abb. 5 die Altershöhenkurven im Bereich von 3 Standortseinheiten aus der Wuchsbezirksgruppe des württ. Neckarlandes verglichen, welche die 3 Typen des Absinkens, Gleichbleibens und Ansteigens der Bonität verkörpern. In den dort gezeigten Größenordnungen, bei denen nur in einem Fall eine Relativbonität knapp überschritten wird, bewegen sich auch die übrigen standortstypischen Bonitätsveränderungen, die für die Kiefer (Forche) bis jetzt bekannt sind. Dabei überwiegt insgesamt das Absinken, das vor allem Mitscherlich (1955) für viele badische Standorte festgestellt hat.

### 3.1.4. Ergebnis des Vergleichs der Altershöhenkurven

Die Darstellung einiger standortsbezogener Altershöhenkurven sollte vor allem zeigen, welcher Art die auf diesem Sektor gewonnenen Ergebnisse sind. Wir können dann gleichzeitig auch die Frage beantworten, ob die Verwendung der Ertragstafelsammlung Wiedemann/Schober als Maßstab besondere Schwierigkeiten mit sich bringt, wenn die Höhenbonitäten mit Hilfe der standortstypischen Korrelationen Alter/Mittelhöhe korrigiert werden. Bei der Fichte finden wir in dem ungefähren Zeitraum zwischen 40 und 100 Jahren gegenüber der Ertragstafel Wiedemann 1936/42 mäßige Durchforstung je nach Standort ein Ansteigen, Gleichbleiben oder Absinken der Höhenbonität. Die Tafel liegt also zwischen den Extremen, die in Baden-Württemberg vorkommen, wenn auch nicht genau in der Mitte. Die württembergische Fichtenertragstafel von Zimmerle 1943 markiert dagegen etwa die Obergrenze. Die steilen Altershöhenkurven dieser Ertragstafel werden zwar teilweise erreicht, so zum Beispiel auf Standortseinheiten der Wuchsbezirksgruppe Nordteil der Mittleren Alb und Mittlere Donaualb (Werner 1962), aber nur in seltenen Fällen übertroffen. Unter vielen standörtlichen Verhältnissen ist ein Absinken der Höhenbonität gegenüber der Ertragstafel Zimmerle zu beobachten. Bei der Buche überwiegt der Bonitätsanstieg gegenüber der Ertragstafel Wiedemann 1931 mäßige Durchforstung. Die württembergische Tafel Dieterich 1925 unterstellt im ganzen eine zügigere Höhenentwicklung; die Bonitätsanstiege werden gemildert bzw. es kommt häufiger zu einem Bonitätsabfall. Bei der Kiefer (Forche) sind die Unterschiede zwischen der Ertragstafel Wiedemann 1943 mäßige Durchforstung und der württembergischen Zimmerle-Tafel 1933 im Gesamtablauf des Höhenwachstums gering.

Aus dieser Gegenüberstellung der Ertragstafeln von Wiedemann mit württembergischen Tafeln läßt sich für die 3 geprüften Baumarten sagen, daß die Wiedemann-Tafeln keineswegs aus dem Rahmen fallen, was die Beziehung Alter/Mittelhöhe angeht. Die standortstypischen Korrekturen lassen sich ohne Schwierigkeiten anbringen.

### 3.2. *Die Gesamtwuchsleistung (GWL)*

Die Bestimmung der standortstypischen GWL ist ein wesentlicher Teil jeder ertragskundlichen Auswertung von Standortskarten. Sie bereitet dann keine großen Schwierigkeiten, wenn eine genügende Zahl von langfristig beobachteten Versuchsflächen für die einzelne Standortseinheit zur Verfügung steht. Dies ist nur ganz selten der Fall. Bei den bisherigen Untersuchungen wurde deshalb häufig der Umweg über die beiden Grundbeziehungen Alter/Mittelhöhe und Mittelhöhe/GWL beschritten. Die Versuchsflächendaten reichten in vielen Fällen für die Herleitung der Korrelation Mittelhöhe/GWL aus, wenn diese auf eine Gruppe von Standortseinheiten oder auf einen ganzen Wuchsbezirk bezogen werden konnte. Die GWL oder der durchschnittliche Gesamtzuwachs (dGz) für die einzelne Standortseinheit ergaben sich dann über die Korrelation Alter/Mittelhöhe. Das Verfahren hat sich bei mehreren Auswertungen im württembergischen Landesteil bei günstigen Voraussetzungen der Standortsgliederung und des Versuchs-

flächenmaterials gut bewährt (GÜNTHER 1955, MOOSMAYER 1957, EH 1962, WERNER 1962, HAUSSER 1964). Trotzdem dürfen die Fehlerquellen nicht übersehen werden, auf die vor allem ASSMANN (1961) hingewiesen hat: die Beziehung Mittelhöhe/GWL kann innerhalb eines Wuchsbezirks von Standortseinheit zu Standortseinheit so verschieden sein, daß eine gemeinsame GWL-Kurve nicht mehr möglich ist oder mindestens nicht alle wesentlichen Standortseinheiten erfaßt.

Bei Mangel an langfristig beobachteten Versuchsflächen oder auch als zweiter Weg wurde die GWL in einigen Arbeiten über das Integrieren der auf eine Standortseinheit bezogenen Korrelation Alter/laufender Volumenzuwachs bestimmt (GÜNTHER 1955, MITSCHERLICH 1957, MOOSMAYER 1957, WERNER 1962). Diese Korrelation muß meist aus einmaligen Aufnahmen in verschieden alten Beständen hergeleitet werden. Dabei stellt sich in jedem Fall die Frage, ob die Voraussetzungen für die Bildung einer Wuchsreihe gegeben sind. Von der Antwort hängt zu einem großen Teil die Brauchbarkeit des Verfahrens ab. Außerdem ist es notwendig, den laufenden Zuwachs für eine Zeitspanne zu ermitteln, welche die langjährigen klimatischen Verhältnisse möglichst gut repräsentiert.

In den letzten Jahren sind neue Methoden zur Bestimmung der standortstypischen GWL entwickelt worden, die mit einmalig erhobenen Bestandesdaten (also auch zuverlässigen Werten aus der Forsteinrichtung) arbeiten können. MAGIN (1963) bestimmt aus den auf Standortseinheiten bezogenen Korrelationen Alter/Stammzahl, Alter/Vorrat und aus einem von der Durchforstungsstärke abhängigen Faktor die Vornutzungen in Perioden von 5 oder 10 Jahren. Aus dem Endvorrat und der Summe der Vornutzungen ergibt sich dann die GWL. Diese GWL-Bestimmung ist wesentlicher Bestandteil eines Forsteinrichtungsverfahrens (MAGIN 1965). FRANZ (1963) ermittelt die GWL über den stehenden Vorrat und das Vornutzungsprozent. Als Bestimmungsgrößen für das Vornutzungsprozent dienen das Bestandesalter, die Stammzahl und das Durchmesserdifferenzprozent (Differenz zwischen Oberdurchmesser und Mitteldurchmesser, in Prozenten des Oberdurchmessers ausgedrückt). Der Anwendungsbereich der Tafeln von FRANZ ist zunächst auf reine Fichtenbestände Südbayerns beschränkt. Eine weitere Möglichkeit, die standortstypische GWL zuverlässig einzuschätzen, bietet die neue Fichtenertragstafel von ASSMANN und FRANZ (1963) für Bayern, die nach 3 Ertragsniveau-Stufen gegliedert ist. FRANZ (1967) hat dazu ein Ertragsniveau-Schätzverfahren entwickelt, nach dem aus wenigen Bestandesdaten (Alter, Höhe, Grundfläche, Durchmesser) das standortsbezogene Ertragsniveau bestimmt und damit der richtige „Einstieg" in die Ertragstafel gefunden werden kann. Schließlich liegt für die Fichte in Nordwürttemberg eine Untersuchung vor (MOOSMAYER 1967), in der die Summe der Vornutzungen auf Grund einer Abhängigkeit vom mittleren Volumen des stehenden Bestandes bestimmt wurde. Die GWL für die jeweilige Einheit der Standortsgliederung ergibt sich dann aus der Addition von stehendem Holzvorrat und Summe der Vornutzungen für zahlreiche Einzelbestände.

Mit Hilfe der geschilderten Verfahren zur Herleitung der GWL konnte eine große Zahl von standortsbezogenen Werten ermittelt werden. Je nach der Ausgangslage wurde bei der einzelnen Untersuchung ein bestimmtes Verfahren oder eine Kombination mehrerer Methoden angewendet.

### 3.2.1. Fichte

Am gründlichsten wurde die Fichte bearbeitet. Für einen Vergleich mit Ertragstafeln bieten sich die regionalen GWL-Kurven (Beziehung Mittelhöhe/GWL) an, die das Ertragsniveau jeweils für einen Einzelwuchsbezirk oder für eine Wuchsbezirksgruppe angeben. Innerhalb Baden-Württembergs wurden bis jetzt 13 regionale GWL-Kurven hergeleitet. Sie verteilen sich sehr gleichmäßig auf die 3 großen Wuchsgebiete Neckarland, Schwäbische Alb und Südwestdeutsches Alpenvorland. Für die Wuchsgebiete Schwarzwald, Oberrheinisches Tiefland, Odenwald und Baar-Wutach fehlen noch die nötigen Unterlagen. Im Oberrheinischen Tiefland spielt die Fichte keine große Rolle, und die beiden zuletzt genannten Wuchsgebiete nehmen nur eine relativ geringe Fläche ein. Am dringendsten sind weitere Untersuchungen im Schwarzwald, um das Bild des Ertragsniveaus der Fichte in Baden-Württemberg vervollständigen zu können[2]).

Auf Abb. 6 wurde der Bereich der bis jetzt bekannten regionalen GWL-Kurven aus Baden-Württemberg als breites Band eingezeichnet. Dabei wird die Obergrenze durch die Werte für die Wuchsbezirksgruppe Westliche Altmoräne und Westliches Bodenseegebiet (KÄLBLE 1966) markiert, denen die Werte für die Gruppe Nordteil der Mittleren Alb und Mittlere Donaualb (WERNER 1962) sehr nahe kommen. Die untere Grenze des Bandes wird von der GWL-Kurve für den Wuchsbezirk Virngrund (MOOSMAYER 1967) gebildet. Zum Vergleich wurden von den Ertragstafeln ZIMMERLE 1943 und WIEDEMANN 1936/42, mäßige Durchforstung jeweils die I. und III. Bonität, von der Ertragstafel ASSMANN/FRANZ 1963 das obere und

[2]) Bei der Abt. Ertragskunde der Bad.-Württ. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt werden Teile des Schwarzwaldes zur Zeit von Forstrat HINK ertragskundlich-standortskundlich bearbeitet.

Abb. 6

*Regionale GWL-Kurven der Fichte im Vergleich mit verschiedenen Ertragstafeln.*

Der Bereich der wesentlichen regionalen GWL-Kurven wurde als Band dargestellt (Grundlagen: GÜNTHER 1955, MOOSMAYER 1957, EH 1962, WERNER 1962, HAUSSER 1964, KÄLBLE 1966, MOOSMAYER 1967). Das Band liegt etwa zwischen den Werten der Ertragstafel ZIMMERLE (Obergrenze) und denen der Ertragstafel WIEDEMANN (Untergrenze). Das obere Ertragsniveau der Tafel ASSMANN/FRANZ wird bei weitem nicht erreicht.

untere Ertragsniveau (Oberhöhenbonität 34) eingezeichnet. Die Werte der I. Bonität nach ZIMMERLE werden nicht ganz erreicht, die der III. Bonität im oberen Höhenbereich geringfügig überschritten. Die I. und III. Bonität nach WIEDEMANN liegen an der Untergrenze des baden-württembergischen Ertragsniveau-Bandes; über einer Mittelhöhe von 30 m wird die I. WIEDEMANN-Bonität noch unterschritten. Das untere Ertragsniveau nach ASSMANN/FRANZ liegt teils unter, teils über der Untergrenze des Bandes; das obere Ertragsniveau wird bei weitem nicht erreicht. Das mittlere Ertragsniveau wurde der Übersichtlichkeit wegen nicht eingezeichnet; es liegt etwa auf der Höhe der I. ZIMMERLE-Bonität, also im Bereich der bad.-württ. Höchstwerte. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die regionalen GWL-Kurven nicht immer für sämtliche Standortseinheiten des Wuchsbezirkes oder der Wuchsbezirksgruppe zutreffen müssen. Es ist denkbar, daß bei einzelnen Standortseinheiten noch ein höheres oder tieferes Ertragsniveau der Fichte vorkommt, als es das Band auf Abb. 6 anzeigt. Die weit überwiegende Zahl der bis jetzt untersuchten Standorte ist aber durch dieses Band sicher erfaßt, das — grob gesprochen — zwischen den Werten der Ertragstafel ZIMMERLE (Obergrenze) und denen der Ertragstafel WIEDEMANN (Untergrenze) liegt.

### 3.2.2. Buche

Ein ähnlicher Vergleich wie bei der Fichte ist bis jetzt nur bei der Buche möglich; bei den anderen Baumarten sind noch zu wenige Werte vorhanden. Auch bei der Buche sind Einschränkungen nötig, da erst für zwei Wuchsbezirksgruppen aus der Schwäbischen Alb (MOOSMAYER 1957, WERNER 1962) und für eine aus dem Neckarland (GÜNTHER 1955) regionale GWL-Kurven zur Verfügung stehen. Das auf Abb. 7 eingezeichnete Ertragsniveau-Band kann also keine allgemeine Gültigkeit für Baden-Württemberg beanspruchen. Immerhin ist die regionalklimatische Spannweite zwischen Alb und Neckarland recht groß, so daß ein wesentlicher Teil des insgesamt möglichen Bereichs erfaßt sein dürfte. Zum Vergleich wurde auf Abb. 7 jeweils die I. und III. Bonität der Ertragstafeln DIETERICH 1925 und WIEDEMANN 1931, mäßige Durchforstung eingezeichnet. Die I. Bonitäten beider Tafeln verlaufen im wesentlichen innerhalb des Ertragsniveau-Bandes. Die III. Bonitäten liegen darüber, und zwar die der WIEDEMANN-Tafel erheblich mehr als die der DIETERICH-Tafel.

### 3.2.3. Ergebnis des Vergleichs der GWL-Kurven

Die Verwendung der Ertragstafel WIEDEMANN als Vergleichsmaßstab in der Forsteinrichtung bedeutet bei der Fichte, daß zum Ertragsniveau der Tafel — von einigen Ausnahmen abgesehen — Zuschläge gemacht werden müssen, um der Wirklichkeit gerecht zu werden. Bei Benützung der Ertragstafel ZIMMERLE wären in fast allen Fällen Abschläge notwendig geworden. Bei der Buche zeigen sich für die I. Bonität keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Ertragstafeln DIETERICH und WIEDEMANN. Die III. Bonität nach WIEDEMANN liegt dagegen höher über dem Ertragsniveau-Band als die III. Bonität nach DIETERICH, so daß im Bereich der mittleren bis schlechten Bonitäten bei Anwendung der WIEDEMANN-Tafel größere Abzüge notwendig werden.

### 3.3. *Die übrigen ertragskundlichen Elemente*

Für die Forsteinrichtung in Baden-Württemberg sind neben den beiden Grundbeziehungen Alter/Mittelhöhe und Mittelhöhe/GWL, aus denen der dGz abgeleitet wird, vor allem noch das Volumen oder auch die Grundfläche des stehenden Bestandes von Bedeutung. Die Verwendung einer Ertragstafel mit einem bestimmten Behandlungsprogramm als Maßstab für diese Größen birgt von vornherein Schwierigkeiten in sich. Dem hat die Dienstanweisung für die Forsteinrichtung in Baden-Württemberg (FED 1960) dadurch Rechnung getragen, daß der Bestockungsgrad als Rechengröße keine Rolle mehr spielt; er taucht unter den Daten zur Bestandeskennzeichnung nicht auf. Die Werte der Ertragstafel werden bei der Vorratsschätzung als Hilfswerte herangezogen, wenn die anderen Möglichkeiten (z. B. Vergleiche mit gemessenen Beständen) nicht ausreichen; außerdem spielen die Ertragstafeldaten bei der Ermittlung des Sollvorrats als Gesamtweiser noch eine Rolle. In beiden Fällen sind aber Korrekturen auf Grund der ertragskundlich-standortskundlichen Ergebnisse möglich. Grobe Fehler können dabei schon vermieden werden, wenn die regionalklimatisch bedingten Unterschiede in der möglichen Vorratshaltung beachtet werden. Weit bessere Hilfsmittel als diese großräumigen Durchschnittswerte sind selbstverständlich die Daten für die einzelnen Standortseinheiten, wie sie vielen ertragskundlichen Auswertungen der Standortskarten entnommen werden können (vgl. z. B. WERNER 1962).

Ähnliches wie für die Vorratsschätzung gilt für die Herleitung der Durchforstungsansätze. Örtliche Vergleichszahlen (vor allem auch über seitherige Eingriffsstärken und ihre Auswirkungen) stehen hier im Vordergrund. Dazu kommen bei der Fichte standörtlich differenzierte Hilfszahlen für die Grundflächenhaltung (bis jetzt für Nordwürttemberg) und ein Merkblatt (ABETZ 1965), das ein Durchforstungsmodell aufzeigt und auch auf die notwendigen Abweichungen von den Ertragstafelwerten eingeht.

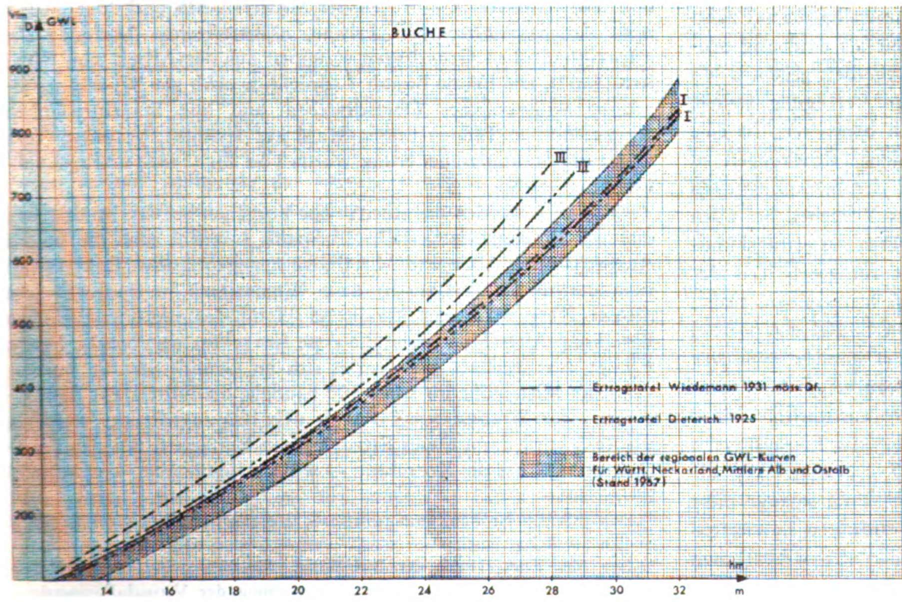



Abb. 7
*Regionale GWL-Kurven der Buche im Vergleich mit verschiedenen Ertragstafeln.*
Regionale GWL-Kurven der Buche liegen bis jetzt nur für 3 Wuchsbezirksgruppen vor (Grundlagen: GÜNTHER 1955, MOOSMAYER 1957, WERNER 1962). Der damit erfaßte regionalklimatische Spielraum ist aber schon verhältnismäßig groß. Im Bereich dieser GWL-Kurven liegen die Ertragstafelwerte der I. Bonitäten nach DIETERICH und WIEDEMANN. Die III. Bonitäten beider Ertragstafeln verlaufen darüber.

Die Ermittlung des laufenden Zuwachses für Einzelbestände in besonderen Fällen kann hier außer Betracht bleiben, weil dazu in jedem Fall Spezialuntersuchungen erforderlich sind. Für die Betriebsklasse soll der laufende Gesamtzuwachs (lGz) nach der FED 1960 nur bei stark gestörtem Altersklassenverhältnis hergeleitet werden. Auch dazu stehen teilweise schon standortstypische Werte — vorwiegend bei der Fichte — zur Verfügung. Wo sich die ertragskundliche Auswertung der Standortskarten auf den dGz beschränkt hat, kann die Ertragstafel nach Korrektur des dGz Hinweise auf das durchschnittliche Verhältnis zum lGz geben. Darum geht es ja in erster Linie, wenn bei einem sehr ungleichmäßigen Altersklassenverhältnis auch der lGz als Hiebssatzweiser herangezogen werden soll.

Insgesamt spielt die Ertragstafel bei den ertragskundlichen Elementen, die außer dem dGz in der Forsteinrichtung verwendet werden, keine dominierende Rolle. Dies gilt vor allem bei der Fichte, für welche die meisten standortsbezogenen Korrekturmöglichkeiten gegeben sind. Assmann (z. B. 1961, 1967) hat mehrfach die Gefahren dargestellt, die durch die Verwendung von Ertragstafeln mit nicht passendem Grundflächen- bzw. Vorratsrahmen auftreten könnten, falls auf Grund dieser Tafeln Bestockungsgrade errechnet und daraus Folgerungen für die Stärke der Pflegeeingriffe gezogen werden sollten. Diese Gefahr ist beim jetzigen bad.-württ. Forsteinrichtungsverfahren nicht gegeben.

## 4. Das schrittweise Vorgehen bei der Verwendung ertragskundlich-standortskundlicher Ergebnisse in der Forsteinrichtung

Standortstypische ertragskundliche Werte stehen — wie gezeigt wurde — zwar für einige wichtige Baumarten bzw. Bestandestypen, aber keineswegs schon für alle zur Verfügung. Dasselbe gilt für die Einheiten der Standortsgliederung. Bei dieser Situation muß der Einbau der standortsbezogenen Daten in die Forsteinrichtung im Normalfall so geplant werden, daß für den einzelnen Betrieb der höchstmögliche Informationsgrad erreicht wird, daß aber die Einheitlichkeit und die Vergleichsmöglichkeiten für das ganze Land erhalten bleiben. Weiterhin muß das Verfahren so offen sein, daß neue Ergebnisse bei den fälligen Einrichtungen sofort verwendet werden können. Diese Forderungen können bei einer getrennten Behandlung der beiden Grundbeziehungen Alter/Mittelhöhe und Mittelhöhe/GWL am ehesten erfüllt werden.

Die nach Standortseinheiten getrennte Beziehung Alter/Mittelhöhe (vgl. 3.1.) wird bei der Bonitierung am Einzelbestand herangezogen. Es ist dies im Grunde nichts anderes als die frühere „dynamische Bonitierung", nur ist jetzt durch die Wuchsreihe, die auf zahlreichen Einzelwerten und der Standortseinheit als eindeutig ordnendem Merkmal basiert, eine viel größere Sicherheit gegeben. Wo keine speziell hergeleiteten Wuchsreihen zur Verfügung stehen, kann der Einrichter im alten Sinn dynamisch bonitieren; ist eine Standortskarte vorhanden, kann er durch eigene Erhebungen zu sehr zuverlässigen Ergebnissen kommen. Bei der bestandesweisen Bonitierung ist also ein im Prinzip ähnliches Vorgehen bei allen Baumarten gewährleistet, auch wenn Wuchsreihen aus ertragskundlich-standortskundlichen Untersuchungen nur für einen Teil der Baumarten oder der standörtlichen Einheiten bereitstehen. Dabei handelt es sich im Grunde um eine reine Höhenbonitierung, obwohl der dGz 100 Bonitätsmaßstab ist. Mit Hilfe der standortstypischen Altershöhenkurve oder der ersatzweise angewandten dynamischen Bonitierung alten Stils wird zunächst die voraussichtliche Höhe im Alter 100 festgestellt. Diese wird dann über das Ertragsniveau der jeweiligen Ertragstafel in den dGz 100 übersetzt. Auf die Verwendung der dGz-Werte aus Ertragstafeln kann solange nicht völlig verzichtet werden, wie nicht für alle wichtigen Baumarten standortsbezogene Werte vorhanden sind, die alle wesentlichen Einheiten der Standortsgliederung erfassen.

Die zweite Korrektur benützt dann die standortstypische Korrelation Mittelhöhe/GWL. Diese Korrektur setzt an den Endwerten, also an den durchschnittlichen dGz 100- und $dGz_U$-Werten[3]) für die einzelne Baumart an. Sie kann nach dem jetzigen Stand im großen Umfang nur für Fichte und Buche vorgenommen werden (vgl. 3.2.), doch ist damit schon viel gewonnen. Das Ertragsniveau der Ertragstafel wird auf das wirkliche Ertragsniveau korrigiert. Die regionalen GWL-Kurven haben für diesen Zweck weiterhin eine große praktische Bedeutung.

Dieses Vorgehen in zwei Schritten erfaßt sicher nicht in jedem Fall alle Feinheiten des Zusammenwirkens der beiden Grundbeziehungen. Es ermöglicht aber Teilkorrekturen entsprechend den vorhandenen Grundlagen, deren Genauigkeit für die Zwecke der Forsteinrichtung meist völlig ausreichen wird. Zu welchen Ergebnissen diese Art der Korrektur führt, soll an Beispielen gezeigt werden, die Assmann (1966, 1967) zum Vergleich zwischen der Fichtenertragstafel Wiedemann, wie sie in den bad.-württ. Hilfstafeln enthalten ist, und der Tafel Assmann/Franz für Bayern herangezogen hat. Von den 8 dort verwendeten Fichten-Versuchsflächen aus Baden-Württemberg liegen 4 in Gebieten, für die eine ertragskundlich-standortskundliche Auswertung vorhanden ist (Ochsenhausen 147, Ochsenhausen 199, St. Johann 133, Baindt 1). In diesen Fällen würden bei der Forsteinrichtung die standortsbezogenen Korrekturen angebracht werden. Der Vergleich Assmanns richtet sich auf Einzelbestände, die Korrekturen bei der Forsteinrichtung werden teilweise (Grundbeziehung II) pauschal angebracht. Trotzdem kann auch an diesen Einzelbeispielen gezeigt werden, wie sich diese Korrekturen auswirken[4]).

In allen 4 Beispielen soll von der Mittelhöhe für einen möglichst frühen Zeitpunkt ausgegangen werden. Aus ihr ist der dGz 100 entsprechend dem Vorgehen bei der Forsteinrichtung abzuleiten. Die Qualität des Ergebnisses zeigt sich am Vergleich mit dem tatsächlichen dGz 100 der Versuchsflächen. Die Versuchsflächen St. Johann 133 und Baindt 1 wurden bis zu den Altern 92 und 95 beobachtet; die bis dahin erreichten dGz-Werte können dem dGz 100 praktisch gleichgesetzt werden. Bei den Ochsenhausener Flächen endete die Beobachtungszeit mit 70 bzw. 76 Jahren. Hier mußte der vermutliche dGz 100 mit Hilfe der standortstypischen Werte (Hausser 1964) durch Extrapolation ermittelt werden, doch dürften darin keine großen Fehlermöglichkeiten liegen. Der Forstbezirk Ochsenhausen gehört zur Wuchsbezirksgruppe Nördliches Oberschwaben; die Fläche 147 liegt im Bereich der Standortseinheit Oxalis-Asperula-Typ auf nährstoffreichen, lockeren Böden; die Fläche 199 gehört zum Myrtillus-Schreberi-Typ auf Feinlehm. Als Grundlage für die Korrektur wird die ertragskundliche Auswertung von Hausser (1964) verwendet. Die Fläche St. Johann 133 liegt im Wuchsbezirk Nordteil der Mittleren Alb und dort im Bereich der Standortseinheit Frische, nährstoffreiche Mulden. Die ertragskundlichen Grundlagen stammen aus der Arbeit von Werner (1962). Die Fläche Baindt 1 schließlich zählt zur Wuchsbezirksgruppe Südwestliches Oberschwaben und zur Standortseinheit Seegras-Buchen-Tannen-Eichen-Wald auf frischem, braunem Tonlehm; die Standortsgliederung wurde von Eh (1962) ertragskundlich ausgewertet.

Auf Tab. 1 werden das schrittweise Vorgehen bei der Bonitierung und das Ergebnis dargestellt. In Spalte 1 und 2 sind die beiden Ausgangswerte Alter und Mittelhöhe angegeben. Aus ihnen resultiert der dGz 100 (statisch) nach Wiedemann in Spalte 3. An diesem Wert wird nun jeweils an Hand der standortstypischen Beziehung Alter/Mittelhöhe die erste Korrektur angebracht. Spalte 4 zeigt das Ergebnis, bei dem es sich im Grunde um die voraussichtliche Mittelhöhe im Alter 100 handelt, die mittels des Ertragsniveaus der Wiedemann-Tafel als dGz 100 ausgedrückt wird. In Spalte 5 wird dann dieses Ertragsniveau korrigiert. Bei der Forsteinrichtung setzt die Korrektur — wie gezeigt wurde — am durch-

[3]) Der dGz 100 ist Bonitierungsmaßstab, als Hiebssatzweiser wird zusätzlich der $dGz_U$ bestimmt.

[4]) Der Abt. Ertragskunde der Bad.-Württ. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt danke ich für die Überlassung der Versuchsflächenakten.

Tabelle 1

**Die schrittweisen Korrekturen bei der Bonitierung an Hand von Versuchsflächen-Beispielen**

| | Alter J. | $h_m$ m | $dGz_{100}$ n. WIEDEMANN VfmD | korrigierter $dGz_{100}$ nach $A/h_m$ VfmD | korrigierter $dGz_{100}$ nach $h_m$/GWL VfmD | tatsächlicher $dGz_{100}$ VfmD | Differenz Sp. 5 - 6 in % von Sp. 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ochsenhausen 147 | 33 | 16,9 | 15,5 | 15,6 | 17,2 | 17,9 | — 4 |
| Ochsenhausen 199 | 34 | 9,5 | 8,9 | 7,9 | 8,7 | 9,4 | — 7 |
| St. Johann 193 | 36 | 16,4 | 13,6 | 15,6 | 17,9 | 17,7 | + 1 |
| Baindt 1 | 49 | 18,8 | 10,8 | 12,3 | 13,8 | 13,8 | 0 |
| | | | | | | | Mittel — 2,5 |

schnittlichen dGz 100 einer Baumart für den ganzen Betrieb an, wobei meist eine regionale GWL-Kurve als standortsbezogener Maßstab dient. Dementsprechend wird auch hier das Verhältnis zwischen dem Ertragsniveau der Wuchsbezirksgruppe und dem der Ertragstafel als Korrekturfaktor verwendet. Spalte 6 zeigt den tatsächlichen dGz 100 und Spalte 7 den prozentualen Schätzfehler, der sich nach der Korrektur noch ergibt. Bei einer unkorrigierten Anwendung der WIEDEMANN-Tafel wären in allen 4 Fällen negative Fehler von 5 - 23 %, im Durchschnitt von 15,8 % entstanden. Vergleichen wir damit den durchschnittlichen Schätzfehler von — 2,5 % nach der Korrektur mittels standortstypischer Korrelationen, so wird deutlich, wie sehr auf diese Weise eine Annäherung an die wirklichen Werte erzielt werden kann[5]).

Das geschilderte Vorgehen bei der Forsteinrichtung ist freilich nur als vorläufige Lösung anzusehen. Mit der weiteren ertragskundlichen Auswertung von Standortskarten werden sich neue Möglichkeiten auftun. Die nächsten Schritte wurden teilweise schon erprobt. So ist für die Hochfläche der Ostalb und der Mittleren Alb, wo nahezu reine Buchen- und Fichten-Bestände das Bild bestimmen, die GWL dieser beiden Baumarten im Bereich aller wesentlichen Standortseinheiten bekannt. Hier ergibt sich die Möglichkeit, direkt nach dem durchschnittlichen dGz 100-Wert für die einzelne Standortseinheit zu bonitieren. Man kann dies wieder bestandesweise tun, wobei jeweils die Zugehörigkeit zu den Standortseinheiten bestimmt werden muß; bei den großflächigen standörtlichen Verhältnissen der Albhochfläche können die Bestände in vielen Fällen einer Standortseinheit zugeordnet werden. Im Zuge der Auswertung der Einrichtungswerte über die elektronische Datenverarbeitung werden dann die durchschnittlichen dGz 100-Werte der Baumarten (auch getrennt nach Altersklassen) und schließlich der dGz 100-Wert des Gesamtbetriebs berechnet. Bei diesem Vorgehen ist die Bonität einer Baumart im Einzelbestand in erster Linie eine Rechengröße zur Bestimmung der Ertragszahlen für den Gesamtbetrieb; für den Bestand selbst kann sie als Durchschnittswert der beteiligten Standortseinheiten nur einen groben Anhalt geben, da das Ertragsvermögen jeder Standortseinheit eine mehr oder weniger große Streuung zeigt. Eine andere Möglichkeit, die sich vom Bestand löst und sofort auf den ganzen Betrieb zielt, besteht darin, mit Hilfe von Standorts- und Bestandeskarte die Flächenverteilung der Bestandestypen auf die Standortseinheiten festzustellen und dann pauschal über die jeweiligen mittleren dGz-Werte die Durchschnittszahlen für den Betrieb zu bestimmen. Die Flächenverteilung muß hier mit Planimeter oder Schätzquadrat ermittelt werden, während sie beim bestandesweisen Vorgehen meist leicht ohne Hilfsmittel geschätzt werden kann; dafür entfällt bei der pauschalen Berechnung das Anschreiben oder Markieren der vielen Einzelbonitäten. Weil sich beim jetzigen Einrichtungsverfahren die standortstypischen Werte über die Einzelbestände reibungslos in den Datenfluß der elektronischen Auswertung einfügen lassen, dürfte dieser Weg günstiger sein als die pauschale Berechnung. Für den Staatswald Königsbronn (Wuchsbezirk Nördliches Albuch innerhalb der Wuchsbezirksgruppe Nördliche Ostalb) wurden beide Wege beschritten. Die pauschale Ermittlung wurde vor einigen Jahren versucht (MOOSMAYER 1960); das einzelbestandesweise Vorgehen lag der Einrichtung durch Forstassessor H. SCHÄFER im Jahre 1967 zugrunde. Die Ergebnisse stimmen gut überein; bei der Fichte unterscheidet sich der dGz 100-Wert um 5 % (13,8 VfmD gegenüber 13,1), bei der Buche um 4 % (5,5 VfmD gegenüber 5,3). Voraussetzung für die Verwendung der mittleren standortsbezogenen Ertragszahlen ist allerdings, daß die Standorte eines Betriebs nicht durchweg im besseren oder schlechteren Bereich der Standortseinheiten liegen, doch ist diese Gefahr im allgemeinen nur bei kleinen Betrieben gegeben.

Das Verfahren der direkten Verwendung standortstypischer Werte läßt sich nicht nur auf die einfachen Verhältnisse anwenden, an denen es erprobt wurde. Es ist allgemein brauchbar, wenn nur die notwendigen ertragskundlich-standortskundlichen Grundlagen vorhanden sind. Eine Problematik besteht allerdings bei den Mischbeständen. Da sich bisher wenige ertragskundliche Auswertungen der Standortskarten speziell mit Mischbeständen beschäftigt haben, bleibt auch bei Verwendung der standortstypischen Werte vorläufig nur der seither in der Forsteinrichtung beschrittene Weg, die Mischbestände fiktiv in Reinbestände der vertretenen Baumarten zu zerlegen. Dabei werden die standortstypischen Werte selbstverständlich auch hier den Ertragstafelwerten vorzuziehen sein. Befriedigend ist diese Lösung aber nicht. Gerade in der Mischbestandsfrage hat die ertragskundlich-standortskundliche Forschung noch ein weites Feld zu bearbeiten. Neben der Überprüfung des Verfahrens von MAGIN (1963) könnten die von KENNEL (1965) erarbeiteten Methoden hier sehr fruchtbar werden, wenn sie auf Mischbestände angewendet werden, die typisch für wichtige Standortseinheiten sind.

Die Korrekturmöglichkeiten bei den übrigen ertragskundlichen Elementen, die neben den beiden Grundbeziehungen in der Forsteinrichtung eine Rolle spielen, wurden im Zusammenhang mit der Darstellung der vorhandenen Grundlagen geschildert (vgl. 3.3.).

## 5. Ausblick

Die zuletzt geschilderten Versuche, die standortsbezogenen dGz-Werte in die Forsteinrichtung einzubauen, deuten bereits die Richtung der weiteren Entwicklung an. Voraussetzung für einen Verzicht auf die Ertragstafel, die dann nur noch für bestimmte Frage-

5) Die voraussichtlichen dGz100-Werte der Versuchsflächen in Sp. 6 waren bereits bestimmt, als mir die Veröffentlichung ASSMANNS (1967) bekannt wurde, die diese Werte ebenfalls enthält. Es ergeben sich in 2 Fällen geringfügige Unterschiede, die ihre Ursache in einem verschiedenen Vorgehen bei der Extrapolation bzw. bei der Berücksichtigung nicht erfaßter Vornutzungen haben dürften. Bei Verwendung der ASSMANNschen Zahlen würde der mittlere Schätzfehler nach Sp. 7 sogar nur —1,5 % betragen.

stellungen Vergleichmaßstab wäre, ist die Ausdehnung der ertragskundlich-standortskundlichen Untersuchungen auf die noch nicht bearbeiteten standörtlichen Einheiten und Bestandestypen. Da bisher annähernd gleichaltrige Reinbestände bevorzugt untersucht wurden, konnte Baumart = Bestandestyp gesetzt werden. Für die Reinbestände stehen auch so viele Verfahren zur Ermittlung der wesentlichen standortstypischen Werte zur Verfügung, daß hier der weitere Fortschritt nur ein Problem der Arbeitskräfte und Geldmittel ist. Anders bei den Mischbeständen, vor allem bei komplizierten Formen: hier sind als brauchbar erprobte Methoden nicht in genügendem Ausmaß vorhanden.

Es ist aber noch die grundsätzliche Frage zu stellen, ob die seitherige Form der Auswertung allein beibehalten werden soll, um die bestehenden Lücken zu füllen. Erstrebenswertes Ziel aller Untersuchungen im Beziehungsgefüge Standort/Waldwachstum ist es, die Zusammenhänge zwischen den Standortsfaktoren und den ertragskundlichen Daten der Baumarten oder Bestandestypen so zu erfassen, daß in der Folge unmittelbar aus den Standortsfaktoren die erforderlichen Ertragszahlen mit genügender Sicherheit berechnet werden können. Der Weg zu diesem Ziel führt über die Quantifizierung der Standortsfaktoren. Da für die Zwecke der Forsteinrichtung nur die in der Standortskarte abgegrenzten Standortseinheiten als Grundlage in Frage kommen, interessiert in unserem Zusammenhang allein die quantitative Erfassung der für die einzelne Standortseinheit typischen Faktoren. Für Baden-Württemberg liegen einige Untersuchungen in dieser Richtung vor, die sich vorwiegend mit dem Nährstoffhaushalt befaßt und teilweise auch von dort aus den Zusammenhang zur Wuchsleistung bestimmter Baumarten gesucht haben (Schairer 1960, Rehfuess u. Moll 1965, Evers 1967, Rehfuess 1967 u. 1968). Eine durchgehende quantitative Beschreibung aller für die Abgrenzung der Standortseinheiten wesentlichen Faktoren ist jedoch zur Zeit noch nicht möglich. Das bedeutet aber nicht, daß man darauf verzichten müßte, den direkten Bezug zwischen den Standortsfaktoren und der Wuchsleistung einer Baumart oder eines Bestandestyps zu suchen. Wo die eindeutig quantitative Bestimmung der Faktoren noch nicht gelingt, kann vorläufig nach Bewertungsskalen gutächtlich eingestuft werden; so wird z. B. der Wasser- und Lufthaushalt einer Standortseinheit mit einer Ziffer bewertet, die zwischen 11 = sehr frisch und 1 = sehr trocken liegt. Daß dieser Weg gangbar ist, zeigt eine Gemeinschaftsarbeit über die Fichte in Baden-Württemberg, deren erste Ergebnisse in Bälde veröffentlicht werden können. Dabei konnten an Hand der bisherigen ertragskundlich-standortskundlichen Arbeiten, die sich auf sehr verschiedene Standortsverhältnisse beziehen, die Zusammenhänge zwischen den wichtigen Standortsfaktoren und der Ertragsleistung in einer multiplen Regression gefaßt werden. Sollte sich diese Regressionsgleichung den zum Teil noch ausstehenden Prüfungen gewachsen zeigen, wäre es möglich, für alle Standortseinheiten Baden-Württembergs die voraussichtliche Ertragsleistung der Fichte ohne weitere ertragskundliche Aufnahmen zu berechnen. Derselbe Weg — zuerst ertragskundliche Auswertung für einen Teil der Standortseinheiten aus verschiedenen Wuchsbezirken, dann Formulierung der Zusammenhänge in einer Regressionsgleichung — müßte nach und nach auch für die anderen Baumarten oder Bestandestypen beschritten werden. Das Ziel, in der Forsteinrichtung allein mit standortstypischen Werten zu arbeiten, könnte dann wohl rascher erreicht werden.

## Zusammenfassung

Bonitierung und Ertragsregelung basieren auf einem offenen System. Die Ertragstafelsammlung Wiedemann/Schober bildet zunächst noch die Grundlage, ihre Werte werden aber mit Hilfe der Ergebnisse aus der ertragskundlichen Auswertung der Standortskarten korrigiert. Die wichtigsten dieser Ergebnisse wurden dargestellt. Anschließend wurde das derzeitige Verfahren einer schrittweisen Korrektur der Ertragstafelwerte geschildert. Das Ziel besteht jedoch darin, die Ertragstafel zu verlassen und aus den Zahlen der ertragskundlichen Auswertung der Standortskarten direkt den durchschnittlichen Zuwachs eines Betriebs zu bestimmen. Für einige Gebiete ist das bereits möglich, wie an Beispielen gezeigt werden konnte. Neue Untersuchungen zielen darauf ab, die Wuchsleistung der Baumarten oder Bestandestypen direkt aus einigen wesentlichen Standortsfaktoren zu berechnen.

## Summary

Title of the paper: *Mensurational Evaluation of Site Mapping and its Influence on Determination of Yield Classes and Yield Regulation in Forest Management in Baden-Württemberg.*

Determination of yield classes and yield regulation are based on an open system. For the time being the Wiedemann/Schober yield tables give the foundation but their data are corrected using the results of mensurational evaluation of site mapping. The most important of this results were presented. In the sequel the present method was described how to correct the yield table data in several steps. However, it is the aim to leave the yield table and to determine the mean yield of a working-section directly using the data of mensurational evaluation of site mapping. In some regions this is already possible as shown by examples. New investigations aim at calculating the growth of tree-species or stand types based on the dependence upon some important site factors.

## Résumé

Titre de l'article: *L'influence des résultats des recherches sur la production et les stations pour la détermination des classes de fertilité et l'établissement des réglements d'exploitation dans les aménagements forestiers du Bade Wurtemberg.*

La détermination des classes de fertilité et létablissement des réglements d'exploitation sont basés sur un procédé «évolutif». Les tables de production de Wiedemann-Schober en constituent encore l'élément fondamental, mais les valeurs qu'elles donnent sont corrigées d'après les chiffres de production obtenus par l'interprétation des cartes de station. Les principaux résultats obtenus par cette interprétation sont exposés. Le procédé actuel est exclusivement destiné à corriger les tables de production, mais l'objectif final est de se passer des tables de production en obtenant l'accroissement moyen d'un peuplement directement par interprétation des cartes de station. Pour certaines régions, cette méthode est déjà applicable ainsi que le montrent des exemples. De nouvelles recherches visent à calculer directement la production, soit d'un arbre, soit d'un peuplement d'un type donné, à partir des facteurs principaux caractérisant une station. J. M.

## Literatur

Abetz, P.: Empfehlung für die Durchforstung von Fichtenbeständen in Baden-Württemberg. Merkblatt, 1965. — Assmann, E.: Zur Bonitierung süddeutscher Fichtenbestände. Allg. Forstzeitschrift 10, 61 - 64, 1955. — Ders.: Höhenbonität und wirkliche Ertragsleistung. Forstwissenschaftliches Centralblatt 78, 1 - 20, 1959. — Ders.: Waldertragskunde. BLV-Verlagsgesellschaft München-Bonn-Wien, 1961. — Assmann, E. und Franz, F.: Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. München; photomechanische Vervielfältigung, 1963. — Assmann, E.: Bonitierungssysteme und Ertragsprognosen. Hauptreferat bei der 2. Internationalen Ertragskundetagung, Wien; photomechanische Vervielfältigung, 1966. — Ders.: Die Schätzung jetziger und künftiger Ertragsleistungen. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns 36, 18 - 39, 1967. — Eh, H.: Über das Wachstum der Fichte im Bereich verschiedener Standortseinheiten des oberschwäbischen Jungmoränengebiets; untersucht im Altdorfer Wald. Allg. Forst- und Jagdzeitung 133, 177 - 194 u. 213 - 222, 1962. — Evers, F. H.: Kohlenstoffbezogene Nährelementverhältnisse (C/N, C/P, C/K, C/Ca) zur Charakterisierung der Ernährungssituation in Waldböden. Mitt. des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 17, 69 - 76, 1967. — Franz, F.: Durchmesserdifferenzprozent und Vornutzungsprozent. Allg. Forst- und Jagdzeitung 134,

181 - 197 u. 201 - 214, 1963. — Ders.: Ertragsniveau-Schätzverfahren für die Fichte an Hand einmalig erhobener Bestandesgrößen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 86, 98 - 125, 1967. — GÜNTHER, M.: Untersuchungen über das Ertragsvermögen der Hauptholzarten im Bereich verschiedener Standortseinheiten des württembergischen Neckarlandes. Mitt. des Vereins für Forstliche Standortskartierung 4, 5 - 31, 1955. — HASENMAIER, E.: Orientierende Untersuchungen über die Wuchsleistung von Fichtenbeständen im Bereich der wichtigsten Standortseinheiten des Wuchsbezirks Waldenburger Berge. Mitt. des Vereins für Forstliche Standortskartierung 4, 32 - 38, 1955. — Ders.: Sondererhebungen zum Forsteinrichtungswerk 1957/66 für den Staatswald Hohenberg (nicht veröffentlicht), 1957. — HAUSSER, K.: Wachstumsgang und Ertragsleistung der Fichte auf den vorherrschenden Standorten einiger Wuchsbezirke der Altmoränen- und Schotterlandschaft des württembergischen Oberschwabens. In: Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben. Stuttgart. 149 - 177, 1964. — KÄLBLE, F.: Ertragskundliche und waldbauliche Auswertung der Standortskartierung im badischen Bodenseegebiet. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Bad.-Württ. Bd. 22, Stuttgart, 1966. — KENNEL, R.: Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Allg. Forst- und Jagdzeitung 136, 149 - 160 u. 173 - 188, 1965. — MAGIN, R.: Standortsgerechte Ertragsermittlung als Teil der Forsteinrichtung. Allg. Forstzeitschrift 18, 128 - 130, 1963. — Ders.: Zustandserfassung und Ertragsregelung im Rahmen einer zeitgemäßen Forsteinrichtung. Allg. Forstzeitschrift 20, 781 - 784, 1965. — MITSCHERLICH, G.: Untersuchungen über das Wachstum der Kiefer in Baden. 1. Teil: Das Wachstum der Kiefer ohne Berücksichtigung von Zwischen- und Unterstand. Allg. Forst- und Jagdzeitung 126, 125 - 150, 1955. — Ders.: Das Wachstum der Fichte in Baden. Allg. Forst- und Jagdzeitung 128, 171 - 184, 219 - 232 u. 245 - 256, 1957. — Ders.: Fichtenwachstum und Ertragstafelfrage. Allg. Forstzeitschrift 14, 509 - 513 u. 521 - 524, 1959. — MOOSMAYER, H.-U.: Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung im Ostteil der Schwäb. Alb. Mitt des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 7, 3 - 41, 1957. — Ders.: Die ertragskundlich-standortskundliche Auswertung der Forsteinrichtungsgrundlagen, dargestellt am Beispiel der nordwürtt. Fichtenbestände. Mitt. des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 16, 3 - 70, 1967. — MÜLLER, S. u. a.: Südwestdeutsche Waldböden im Farbbild. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Bad.-Württ. Bd. 23, Stuttgart, 1967. — PHILIPP, K.: Hilfstabellen für Forsttaxatoren. Karlsruhe, 1931. — REHFUESS, K. E, und MOLL, W.: Orientierende Untersuchungen über den Ernährungszustand von Fichtenbeständen auf Jungmoräne in Oberschwaben. Allg. Forst- und Jagdzeitung 136, 211 - 223, 1965. — REHFUESS, K. E.: Standort und Ernährungszustand von Tannenbeständen (Abies alba Mill.) in der südwestdeutschen Schichtstufenlandschaft. Forstwissenschaftliches Centralblatt 86, 321 - 348, 1967. — Ders.: Beziehungen zwischen dem Ernährungszustand und der Wuchsleistung südwestdeutscher Tannenbestände (Abies alba Mill.). Forstwissenschaftliches Centralblatt 87, 36 - 58, 1968. — SCHAIRER, E.: Untersuchungen über den Nährstoff- und Wasserhaushalt verschiedener Standortseinheiten des Wuchsgebiets Neckarland. Mitt. des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 9, 48 - 62, 1960. — SCHEIFELE, M.: Standorterkundung und forstliche Planung. Der Forst- und Holzwirt 23, 1 - 5, 1968. — SCHLENKER, G.: Entwicklung des in Südwestdeutschland angewandten Verfahrens der forstlichen Standortskunde. In: Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben. Stuttgart. 5 - 26, 1964. — WERNER, H.: Untersuchungen über das Wachstum der Hauptholzarten auf den wichtigsten Standortseinheiten der Mittleren Alb. Mitt. des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 12, 3 - 52, 1962. — WIEDEMANN/SCHOBER: Ertragstafeln wichtiger Holzarten bei verschiedener Durchforstung. Verlag Schaper. 1957. — ZIMMERLE, H.: Beiträge zur Biologie der Fichte in Württemberg. Mitt. der Württ. Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 8, Stuttgart, 1947. — Landesforstverwaltung Baden-Württemberg: Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Stuttgart, 1966. — Württembergische Forstdirektion, Abt. Forsteinrichtung: Vorläufige Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Stuttgart, 1952.

# Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen an Pappeln im Überschwemmungsgebiet des Rheines*)

Aus dem Institut für Forstliche Ertragskunde der Universität Freiburg i. B.

(Mit 3 Abbildungen und 2 Tabellen)

Von K. G. KERN

Durch Eingriffe des Menschen in die Landschaft werden oft Wirkungen hervorgerufen, die vorher nur schwer abzuschätzen sind. Bedeutsam ist dabei vielfach die Beeinflussung des Wasserhaushaltes für die gesamte Lebewelt des betroffenen Gebietes. Das Beispiel der Rheinkorrektion und der Bau des Rheinseitenkanals zeigen dies überdeutlich. Sowohl Absenkungen des Wasserspiegels als auch dessen Anhebung bis zur mehr oder weniger lang andauernden Überflutung eines Landschaftsteiles haben Auswirkungen auf die dort vorhandene Vegetation, die auch im Detail zu kennen, lohnend erscheint.

Hier wollen wir uns mit dem Wachstum von Pappeln im Bereich der pfälzischen Rheinauen befassen und dabei dem Einfluß der Umweltfaktoren — insbesondere von zeitweiligen Überschwemmungen — auf den Zuwachsverlauf nachgehen.

Zur Kennzeichnung des *Standortes:* ca. 100 m ü. NN; mittl. Jahrestemperatur ca. 10° C; mittl. Jahresniederschlag knapp 600 mm, davon etwas mehr als die Hälfte in der Vegetationszeit. Grundgestein Alluvium. Bodentyp: Kalkhaltiger Rohaueboden mit 40 - 60 cm Schlick über Feinsand.

*Untersuchungsobjekte* waren 6 ca. 35jährige Pappeln, und zwar 4 Marilandica und 2 Robusta, im Distrikt Floßgrün des Forstamtes Speyer, an denen während der Vegetationszeit 1967 - 69 der Gang der laufenden Umfangänderung in ca. 4 m Höhe (Hochwasser!) mittels Dendroauxographen registriert und durch Bohrspanentnahmen hinsichtlich Beginn und Ende der Holzbildung kontrolliert wurde. Eine nähere Beschreibung der verwendeten Dendroauxographen findet sich bei MITSCHERLICH (MITSCHERLICH et al. 1966 S. 73 ff).

*Grund- und Hochwasserstände* haben wir mit Hilfe von 2 Pegelschreibern der Firma Alpina (HWK P 10) registriert. In 10, 30 und 50 cm Tiefe wurde die *Bodenfeuchte* mit Tensiometern (Bourdon Dial Typ, Modell P), Gipselektroden und der gravimetrischen Methode erfaßt. Die *Bodentemperatur* wurde in den gleichen Tiefen mit elektrischen Widerstands-Thermometern (Pt 100-Fühler) und Bodenthermometern festgestellt.

Ergänzend haben wir in dem ca. 2 km entfernten Forsthaus Mechtersheim mit einem Kugelpyranometer nach BELLANI die *Zirkumglobalstrahlung*, mittels Thermohygrograph *Lufttemperatur* und *relative Luftfeuchte* in 2 m Höhe, mit einem Klausing-Atmographen in gleicher Höhe die *potentielle Verdunstung* und mit Hilfe eines Hellmann-Regenmessers den *Niederschlag* ermittelt.

Die beobachteten Stärkenänderungen wollen wir den ökologischen Meßdaten gegenüberstellen und dabei versuchen, mit statistischen Methoden den Einfluß der erfaßten Faktoren auf den jährlichen Wachstumsablauf zu ermitteln.

Da sowohl die Untersuchungen als auch die Auswertung des bereits gewonnenen Materials noch nicht abgeschlossen sind, können die hier mitgeteilten Befunde lediglich als vorläufige Ergebnisse angesehen werden.

Zunächst wollen wir uns anhand der Abbildung 1 einen Überblick über den *Ablauf des Stärkenwachstums* in den ohne Unterbrechung beobachteten Vegetationszeiten 1968 und 1969 verschaffen. Zu diesem Zwecke haben wir die monatlichen Anteile an der Jahrringbreite in der 3. Zeile — links für 1968, rechts für 1969 —

*) Als Vorbericht vorgetragen bei der Forstlichen Hochschulwoche 1969 in Freiburg i. B.

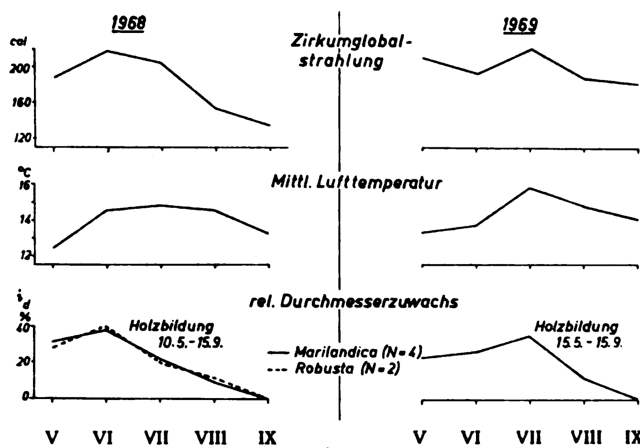



Abb. 1
Monatlicher Stärkenzuwachs der Vegetationsperioden 1968 und 1969 (in % der Jahrringbreite) in Beziehung zu Strahlung und Temperatur.

aufgetragen und den in diesen Jahren für den Wachstumsablauf bedeutsamen Witterungsfaktoren Zirkumglobalstrahlung (1. Zeile) und Lufttemperatur (2. Zeile) gegenübergestellt.

Die ebenfalls zum Vergleich herangezogenen, hier allerdings nicht aufgezeichneten Monatsmittelwerte des Wasserstandes, der Bodenfeuchte, der relativen Luftfeuchte und des Niederschlages ließen 1968 und 1969 keinen Einfluß auf die monatlichen Zuwachswerte erkennen, was infolge der guten Wasserversorgung in diesen beiden Jahren auch nicht verwunderlich erscheint. So sanken beispielsweise die monatlichen Grundwasserstände nicht unter 100 cm unter Flur und waren somit für die Pappelwurzeln im allgemeinen erreichbar. Auch die Ergebnisse der Bodenfeuchtemessungen deuten in gleicher Richtung: in 30 - 50 cm Tiefe lagen die niedrigsten festgestellten Wassergehaltswerte bei über 30 % des Bodenvolumens (Sättigungswert ca. 50 %).

Die Zeit der Holzbildung war — wie durch Bohrspanentnahme festgestellt — in beiden Jahren fast identisch (1968: 10. 5. - 15. 9.; 1969: 15. 5. - 15. 9.). Die monatlichen Anteilwerte am Jahrring wiesen dagegen zum Teil deutliche Unterschiede auf; bemerkenswert waren hier insbesondere die Monate Juni und Juli. So wurde 1968 im Juni mit 38 % der Jahrringbreite die monatliche Höchstleistung dieser Vegetationszeit erreicht, während im Juli des gleichen Jahres nur 22 % der Gesamtjahresleistung zuwuchsen. 1969 hingegen wurden im Juni nur 27 %, im Juli hingegen — als Jahresmaximum — 36 % der Jahrringbreite gebildet.

Diese auffallenden Differenzen lassen sich aus den unterschiedlichen Strahlungsverhältnissen der beiden Beobachtungsjahre zwanglos erklären (vergl. 1. Zeile der Abb. 1). Die jeweils strahlungsreichsten Monate weisen den größten Zuwachs auf!

Aber auch ein Einfluß der Temperatur (2. Zeile in Abb. 1) auf das Dickenwachstum wird deutlich. So ist (abgesehen von Juni-Juli 1968) mit zunehmender Wärme ein Ansteigen, mit Abnehmen der Temperatur ein Fallen der monatlichen Zuwachsleistung gegenüber dem Vormonat zu beobachten.

Marilandica- und Robusta-Pappeln zeigten bisher im jährlichen Zuwachsablauf keine nennenswerten Unterschiede. — Erwähnung verdient auch die Tatsache, daß bis Ende Juli sowohl 1968 als auch 1969 bereits ca. 90 % des Jahrringes gebildet waren.

Welchen Einfluß hatte nun der in den Beobachtungsjahren am Untersuchungsstandort so reichlich vorhandene Umweltfaktor „Wasser" auf den Zuwachsablauf?

Zur Beantwortung dieser Frage wollen wir auf die registrierten Tageswerte der Stärkenänderung zurückgreifen und dabei insbesondere die *Reaktion des Dickenwachstums auf die periodisch auftretenden Überflutungen* beobachten.

In Abbildung 2 sind in der oberen Reihe die durchschnittlich täglichen Wasserstände bei Beginn der 6 erfaßten Hochwasserperioden eingetragen, in der unteren Reihe finden sich die synchron gemessenen Stärkenänderungen von 0 - 24 h. Hier zeigt sich,

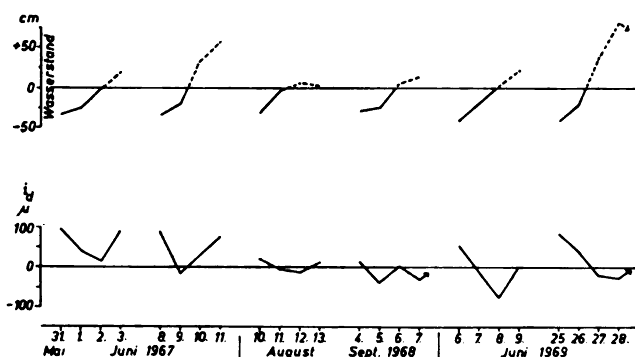



Abb. 2
Reaktion von $i_d$ bei beginnender Überflutung

daß in Flurnähe ein Anstieg des Wasserstandes zunächst eine Depression in der Stärkenentwicklung auslöst, die sogar zur Entquellung, und damit zu einem Rückgang der Durchmesser unter den Vortagswert führen kann. Ein hoher Wasserstand mit Überflutung des Wurzel- und unteren Stammraumes stellt also keine Förderung, sondern eine starke Belastung für die Bäume dar. Bestätigt wird diese Vermutung durch die Angaben der Tabelle 1, in welcher die durchschnittlich täglichen Durchmesseränderungen für entsprechende Zeiträume vor, während und nach der Überflutung notiert sind. In allen Fällen findet sich in den Überflutungstagen eine Zuwachsdepression. Nach Meinung von Herrn Dozent Dr. SAUTER könnte dies eine Folge des Sauerstoffmangels im Wurzel-

Tab. 1
**Durchschnittliche tägliche Durchmesseränderung (0 - 24 h) während der Überflutung im Vergleich mit den Perioden vor und nach dem Hochwasser in μ**
(Marilandica- und Robusta-Pappeln auf der Vfl. Floßgrün im F. A. Speyer/Rhein; Meßhöhe 4 m)

| Zeitraum: *vor der Überflutung* | | *während der Überflutung* | | *nach der Überflutung* | |
|---|---|---|---|---|---|
| Datum | Ø-Änderung in μ (0 - 24 h) | Datum | Ø-Änderung in μ (0 - 24 h) | Datum | Ø-Änderung in μ (0 - 24 h) |
| 28. 5. — 9. 6. 1967 | + 74 | 10. 6. — 22. 6. 1967 | + 64 | 23. 6. — 1. 7. 1967 | + 75 |
| noch keine Holzbildung | | 10. 5. — 18. 5. 1968 | + 53 | 19. 5. — 27. 5. 1968 | + 73 |
| 5. 6. — 7. 6. 1969 | + 48 | 8. 6. — 10. 6. 1969 | — 25 | 11. 6. — 13. 6. 1969 | + 49 |
| 20. 6. — 26. 6. 1969 | + 31 | 27. 6. — 3. 7. 1969 | + 13 | 4. 7. — 10. 7. 1969 | + 60 |
| 30. 7. — 11. 8. 1968 | + 31 | 12. 8. — 24. 8. 1968 | — 3 | 25. 8. — 5. 9. 1968 | + 9 |
| 3. 9. — 5. 9. 1968 | + 9 | 6. 9. — 8. 9. 1968 | — 8 | 9. 9. — 11. 9. 1968 | + 10 |

system sein — die Bodenluft ist ja durch Wasser verdrängt — wobei vermutlich die sauerstoffabhängige Atmung durch andere energieliefernde, biochemische Prozesse ersetzt werden muß.

Wir bezogen uns bei den vorstehenden Erörterungen auf die von den Dendroauxographen erfaßten Stärkenänderungen zwischen 0 und 24 Uhr, die leider nicht nur das Dickenwachstum sondern auch die durch unterschiedliche Hydratur bewirkten Quellungs- und Schwindungserscheinungen enthalten. Ähnlich wie MITSCHERLICH und Mitarbeiter (1966) bei Douglasie versuchten wir durch Ausschaltung dieser Quellungs- und Schwindungserscheinungen mittels Ringelung an der Robustapappel Nr. 83 zu einem „bereinigten Zuwachs" zu kommen. Unterhalb der mit Faßdichte versehenen Ringelstelle kann wegen der Unterbrechung des Assimilatstromes kein Zuwachs mehr erfolgen, wohl aber infolge des Radialtransportes des Wassers Quellung und Schwindung. Oberhalb der Ringelung findet dagegen bei genügender Entfernung von der Ringelstelle — neben Quellung und Schwindung — ein annähernd normaler Zuwachs statt, was ein Vergleich mit den übrigen Altpappeln bestätigte. Aus der Differenz beider Messungen — oberhalb der Ringelung: Quellung bzw. Schwindung einschließlich Zuwachs, unterhalb: Quellung bzw. Schwindung ohne Zuwachs — läßt sich ein von den Tagesschwankungen „bereinigter Zuwachs" berechnen.

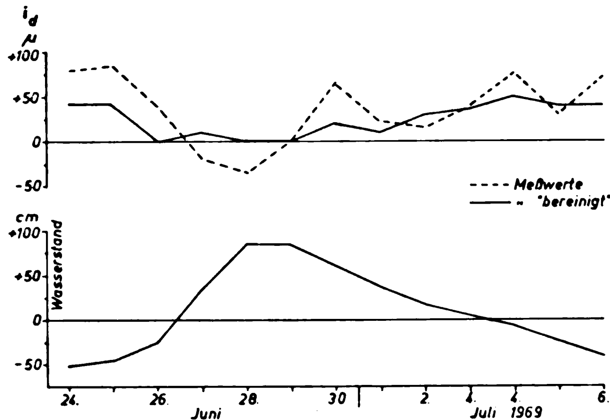



Abb. 3
Stärkenänderung, „bereinigter Zuwachs" und Wasserstand vor, während und nach der Überflutung vom 27. 6. - 3. 7. 69

Als Ergebnis dieses Experimentes finden wir in Abb. 3 eine Gegenüberstellung von gemessener Stärkenänderung über der Ringelung, dem so „bereinigten Zuwachs" und dem Wasserstand für die Zeit vor, während und nach der vom 27. 6. bis 3. 7. 1969 dauernden Überflutung. Der von den Tagesschwankungen „bereinigte Zuwachs" (durchgezogene Linie in der oberen Reihe) zeigt erwartungsgemäß einen viel ausgeglicheneren Ablauf als die unbereinigten Meßwerte (gestrichelt); außerdem sind die durch die Entquellung bedingten negativen Werte verschwunden. Auch hier wird deutlich, daß mit ansteigender Wasserhöhe ein Fallen des Zuwachses und umgekehrt mit sinkendem Wasserstand ein Ansteigen des Dickenwachstums zu verzeichnen ist.

Dieses Phänomen der Zuwachsdepression bei Hochwasser wollen wir abschließend nochmals an der geringelten Pappel Nr. 83 verfolgen:

Tabelle 2 weist aus, daß im Zeitraum 25. 6. - 31. 7. 1969 zwischen 8 und 20 Uhr bei einem (auf die Bodenoberfläche bezogenen) Grundwasserstand von 50 cm und mehr unter Flur (linke Spalte) in 95 % der beobachteten Fälle eine Überlegenheit der mit dem Assimilatstrom in Verbindung stehenden oberen Meßstelle gegenüber der lediglich wasserversorgten unteren Meßstelle festgestellt wurde. Bei einem Wasserstand von 0 - 50 cm unter Flur (Mitte)

Tab. 2
**Unterschiede im physiologischen Verhalten bei verschiedenem Wasserstand**
Pappel Nr. 83
(Beobachtungsperiode 25. 6. — 31. 7. 1969)

| Wasserstand | 50 cm und mehr unter Flur | 0 - 50 cm unter Flur | 0 cm und mehr über Flur (Hochwasser) |
|---|---|---|---|
| Anzahl der Tage | 19 | 11 | 7 |
| Mittl. Temp. ° C. | 20,6 | 16,3 | 17,5 |
| Pot. Verdunstung mm | 7,4 | 4,9 | 6,6 |
| Überlegenheit der mit dem Assimilationsstrom in Verbindung stehenden oberen Meßstelle gegenüber der lediglich wasserversorgten unteren Meßstelle zwischen 8 und 20 h. | | | |
| Rel. Häufigkeit in % | 95 | 55 | 0 |

waren es lediglich 55 % und bei Hochwasser (rechte Spalte) sogar nur 0 %. Im Zusammenhang mit den BARNER'schen Untersuchungen an Jungpappeln in der Freiburger Freifeldprüfanlage (BARNER J. 1955) könnte dies als Auswirkung einer gedrosselten Assimilationstätigkeit bei Hochwasser gedeutet werden.

Es ist beabsichtigt, die 1969 mit dem Ringeln gemachten Erfahrungen durch mehrfache Wiederholung zu überprüfen. Darüber hinaus sollen in den folgenden Vegetationszeiten die Höhenentwicklung gleichkloniger Jungpappeln und der Stärkenzuwachsablauf vergleichbarer Altpappeln inner- und außerhalb des Überschwemmungsgebietes — d. h. vor und hinter dem Hochwasserdamm — synchron erfaßt und miteinander verglichen werden. Auf diese Weise dürfte es möglich sein, den Einfluß der Überflutungen auf den Zuwachs quantitativ festzulegen.

Es ist mir ein besonderes Bedürfnis allen denen Dank zu sagen, die mir bei diesen Untersuchungen helfend zur Seite standen. Insbesondere möchte ich danken den Herren Professor Dr. MITSCHERLICH, Professor Dr. MOLL, Dozent Dr. SAUTER, Akad. Oberrat Dr. KÜNSTLE, Oberförster SCHALL, Forstref. SCHLETZ sowie den Herren LEHMANN, LANG, HAYNA und Frau SCHREMPP.

Zu danken habe ich schließlich der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz für ihr Einververständnis, die Untersuchungen im Staatswald des Forstamtes Speyer durchzuführen und der DFG für die gewährte finanzielle Unterstützung.

**Zusammenfassung**

Die zwischen dem Rheinstrom und den Hochwasserdämmen gelegenen Waldflächen werden jährlich ein- bis mehrmals überflutet, wobei Dauer und Höhe der einzelnen Überflutungen stark variieren können. Es erschien von Interesse festzustellen, wie die dort vielfach stockenden Pappelbestände auf diese gravierende Änderung der Umweltbedingungen während der Vegetationszeit im Wachstum reagieren.

Mittels Dendroauxographen wurde in den Vegetationszeiten 1967 - 69 an ca. 35jährigen Marilandica- und Robusta-Pappeln der Gang der jährlichen Umfangänderung im unteren Stammteil registriert und den auf Pegelschreibern festgehaltenen Grund- bzw. Hochwasserständen gegenübergestellt.

Ergänzend haben wir Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, potentielle Verdunstung, Niederschlag und Zirkumglobalstrahlung sowie Bodentemperatur und Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen gemessen und zur Interpretation der festgestellten Stärkenänderungen herangezogen.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse erlauben den Schluß, daß bei ausreichender Wasserversorgung insbesondere Strahlung und Wärme den Ablauf des Höhen- und Stärkenwachstums innerhalb der Vegetationsperiode beeinflussen. Bei überreichem Wasserangebot (Überflutung) treten deutliche Zuwachsdepressionen auf. Die Fortführung der Untersuchungen soll es ermöglichen, diese vorläufigen Ergebnisse zu überprüfen und weitere noch offene Fragen zu klären.


**Summary**

Title of the paper: *Yield-Ecological Investigations in Poplar in the Rhine Flood Plain.*

The area between river and dike is annually flooded once or several times with very variable length and height of flood. The diameter changes of 35 yrs Marilandica and Robusta poplar were measured by dendroauxographs and compared with groundwater and flood levels during the growing seasons in 1967 to 1969. Also compared were air temperature and humidity, potential evaporation, precipitation, total incident radiation, and soil temperature and moisture at different depths.

Radiation and temperature are the principal variables affecting height and diameter growth, if water supply is ample. Growth is depressed if the water supply is excessive (flooding). The investigations are continued.

E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Recherches d'écologie et de production sur le peuplier dans la zone inondée de la plaine du Rhin.*

Les zones forestières situées entre le lit du Rhin et les digues de protection sont inondées chaque année, à une ou plusieurs reprises; la durée de l'inondation et la cote atteinte peuvent varier largement. Il est apparu intéressant d'établir comment les peuplements qui y sont fréquemment installés, voient leur croissance modifiée au cours de la saison de végétation à la suite des perturbations du milieu.

A l'aide de dendrographes, on a enregistré l'évolution de l'accroissement de la circonférence, dans la partie inférieure du fut, au cours des saisons de végétation 1967 - 1969; l'expérience portait sur des peupliers Robusta et Maryland âgés de 35 ans environ. Parallèlement on a enregistré le niveau de la nappe et la cote des crues.

En outre ont été mesurés: la température de l'air, l'humidité relative, l'évapotranspiration potentielle, les précipitations, le rayonnement global, la température et l'humidité du sol à différentes profondeurs; ces données ont été utilisées pour interpréter les variations de la croissance en circonférence.

Les résultats obtenus jusqu'ici conduisent aux conclusions suivantes: lorsque l'alimentation en eau est suffisante, les facteurs les plus importants de la croissance en diamètre et en hauteur au cours de la période de végétation sont l'éclairement et la température; lors d'une alimentation en eau excessive (inondation) on constate une nette diminution de l'accroissement. La poursuite des recherches doit permettre de vérifier ces résultats provisoires et de résoudre d'autres questions encore en suspens. J. M.


**Literatur**


1. Barner, J.: Die Einwirkung der Staunässe auf die Organbildung und Physiologie von Holzgewächsen unter besonderer Berücksichtigung der Darstellung anatomischer Befunde mit Hilfe von Koordinatentransformation. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1957. — 2. Mitscherlich, G., W. Moll, E. Künstle und P. Maurer: Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen im Rein- und Mischbestand, Teil VI. AFJZ 1966.


# Buchbesprechungen

**Waldbewertung.** Von W. Mantel. 5. überarbeitete und erweiterte Auflage. BLV Verlagsges. München, Basel, Wien 1968. 320 Seiten, Format 16,8 x 24,5 cm. Ganzl. DM 58,—.

In 5 Auflagen wurde die Form dieses Werkes geprägt und gefestigt. Das Buch befaßt sich vorwiegend mit praktischen Waldbewertungsfragen. Die theoretischen Aspekte wurden nur hinsichtlich der Begriffe und der festen Bestandteile der Waldbewertung erörtert. Neu hinzugekommen ist ein Abschnitt über die Bewertung der Wohlfahrtswirkungen des Waldes. Hier verdient m. E. das Punkte-Verfahren des Verfassers besondere Beachtung. Durch Verknüpfung seines Verfahrens mit inzwischen neu entwickelten Bewertungsversuchen (z. B. Prodan 1969) könnten fundierte Preisvorstellungen erreicht werden.

Für den weiteren theoretischen Ausbau ist die „Kleine Ideengeschichte der Waldbewertung" (Kap. VI S. 135 ff.) von Bedeutung. Den letzten Abschnitt daraus möchte ich wörtlich zitieren, da er die Notwendigkeit der theoretischen Untersuchungen hervorhebt.

*„Und die Zukunft? Die absinkende Ertragslage der Forstwirtschaft im mitteleuropäischen Raum einerseits, der Raum- und Bodenmangel andererseits, eröffnen neue Aussichten. Zurücktreten der Erträge, Höherbewertung der Wohlfahrtswirkungen und des Bodeneigentums überhaupt, beeinflussen die Waldbewertung in der Gegenwart. Die Waldbewertung als Lehre ist nie etwas Abgeschlossenes, sie hängt von den wirtschaftlichen und sozialen Umweltverhältnissen ab.*

*Im Vergleich mit anderen Bewertungsgebieten und mit der Entwicklung der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre kann die forstliche Bewertungslehre auf eine lange und rühmliche Geschichte zurückblicken. Alle Urelemente jeglicher Waldbewertung waren im wesentlichen schon unseren forstlichen Klassikern bekannt. Mehrere Generationen lang wurde zwar die forstliche Abstraktion sehr hochgetrieben, aber der Hauptfehler war nur der, daß zwischen Theorie und Praxis zu wenig unterschieden und die Theorie ohne weiteres, ohne die notwendige Synchronisierung, auf die Praxis übertragen wurde. Heute ist es fast umgekehrt. Dominierte früher in der Waldbewertung die abstrakte Formelwelt, so heute die Tafelwelt in Form von zahlreichen Tafeln nur empirisch fundiert, und die Theorie hinkt in der heutigen Waldbewertung beträchtlich nach. Für manche Teilgebiete, z. B. für die Ermittlung von Randschäden (trotz der verdienstlichen Arbeiten von* Baader *und* Mann*) fehlen noch genügend exakte ertragskundliche Untersuchungen. Hier ergeben sich für die Zukunft beachtliche Aufgaben."*

Schon im Vorwort zur 4. Auflage 1962 schreibt der Verfasser, daß die raschlebige Gegenwart vielfältige Waldbewertungsfragen aufwirft.

Die sozialökonomischen Grundlagen des Grundstücksverkehrs müssen in Zusammenhang mit den Raumordnungsproblemen und der Umschichtung in der Bodenkultur neu überdacht und formuliert werden.

Eine allen Aspekten gerecht werdende Wirtschaftstheorie ist noch nicht Allgemeingut. Sie würde auch die Waldbewertungslehre wesentlich beeinflussen. Ein Beispiel dafür ist die Ermittlung des Bodenwertes durch Angleichung an erzielte und vergleichbare Bodenpreise (S. 17 ff.).

In der Praxis zeigt es sich bereits, daß der Verkehrswert gegenüber dem Ertragswert immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Bodenpreise führen immer mehr zu Widersprüchen und sind wesentliche Hindernisse für eine sachliche und umweltgerechte Raumordnung. Dies beweist, wie bedeutungsvoll die zugrunde zu legende Theorie ist, und die Feststellungen Mantels im obigen Zitat zeigen gleichzeitig, wie wichtig es ist, die jetzigen Praktiken und Hilfsmittel der Waldbewertung zu beherrschen, um zu ihrer Weiterentwicklung beizutragen.

Der gesamte Stoff wird in den Abschnitten:

Theorie der Waldbewertung
Praxis der Waldbewertung
Technik der Waldbewertung

behandelt.

Der Verfasser verzichtet — wie auch in den vorhergehenden Auflagen — auf lange theoretische Ausführungen. Im ersten Abschnitt werden die unumgänglich notwendigen Begriffe und einleitenden Gedankengänge erörtert. Durch gut ausgewählte Beispiele wird die Vielschichtigkeit einer Theorie illustriert, die auch in der allgemeinen Wirtschaftswissenschaft nicht widerspruchslos ist.

Der wichtigste Abschnitt ist die Praxis der Waldbewertung. Bei der Ermittlung von Bodenwerten ist — wie oben schon gezeigt wurde — die Fragwürdigkeit der Verfahren am deutlichsten. Der Verfasser stellt die Begrenztheit der vielen Verfahren eindeutig dar:

„*... Im Grunde genommen haben diese (Verfahren) aber alle nur Hilfsfunktionen; denn i. d. R. wird immer der gegendübliche oder ausgeglichene Verkehrswert ausschlaggebend sein ...*" (S. 22).

„*Bei der Ermittlung von Bestandswerten und von Werten ganzer Forstberiebe werden neben den vielen Verfahren aus der forstwissenschaftlichen Literatur auch die Anwendungsmöglichkeiten und Hilfsmittel für praktische Fälle behandelt: Tabellen für Bestandswerte für Versicherungszwecke, Waldbrandschäden, Wildverbißschäden, Schälschäden, Rauchschäden, Randschäden, Bergschäden, Manöverschäden, Ermittlung von Waldwerten bei Enteignung, Nutzungsbeschränkungen, Wert der Waldnutzungsrechte, Ermittlung von Steuerwerten, forstliche Lastenausgleichswerte, Bewertung für Tausch- und Flurbereinigungszwecke, Abfindung weichender Erben u. a.*"

In dieser bunten Übersicht fällt — gemessen an der praktischen Anwendung — der perfektionistische Anstrich der meisten Verfahren auf.

Ein Verfahren, das zu Unrecht zu wenig Beachtung erfahren hat, ist m. E. die vom Verfasser selbst vorgeschlagene Bewertung nach Wertziffern.

Sonst ist hier hervorzuheben, daß alle Verfahren untereinander wohlabgewogen dargestellt wurden.

Im Abschnitt über die Technik der Waldbewertung werden einige Hinweise und Einzelheiten gegeben, die die Übertragung der theoretischen Kenntnisse und Ergebnisse in die Praxis erst ermöglichen.

Eines der wichtigsten Kapitel ist das über die Psychologie der Waldbewertung.

Der umfangreicher gewordene Anhang, der knapp die Hälfte des Buches ausmacht, enthält die wichtigsten amtlichen Vorschriften und tabellarischen Hilfsmittel.

Anhand der amtlichen Vorschriften wurden in den einzelnen Ländern der Bundesrepublik z. T. verbesserte Verfahren und Tabellen erstellt. Außerdem sind einzelne Länder — z. B. Baden-Württemberg — im Besitz von Rechenprogrammen für Routine-Bewertungen. Eine Liste dieser Programme wäre in eine neue Auflage aufzunehmen.

Dem Werk ist weiteste Verbreitung und dem Verfasser Gesundheit und die Möglichkeit, auch die 6. Auflage herauszugeben, zu wünschen.

PRODAN

**Kalkhaltige Böden als Nährsubstrat für Koniferen.** Ökologische Studien in Süddeutschland. Von WOLFGANG ZECH. 1968, im Eigenverlag. 168 S., 22 farbige Abb. DM 10,—.

Im Institut für Bodenkunde und Standortslehre in München sind bereits viele Arbeiten gefertigt worden, die sich mit den Ernährungsverhältnissen von Waldbäumen befassen. Meist handelte es sich hierbei um Untersuchungen an Beständen, die auf weitflächig vertretenen Standorten wachsen.

Jetzt hat ZECH als Dissertation bei Professor LAATSCH eine Arbeit vorgelegt, die die Ernährungssituation für Nadelbäume auf kalkreichen Standorten berücksichtigt. Jeder Forstmann kennt die Schwierigkeiten, die mit der Aufforstung auf derartigen Böden verbunden sein können. Schlechtes Wachstum und eigenartige Verfärbungen der Nadeln deuten an, daß sich die Bäume, besonders in den ersten Jahren der Kultur, nicht wohlfühlen.

Vor allem an der Kiefer, zum Vergleich aber auch an Fichte, Tanne, Schwarzkiefer, Strobe, Douglasie und Lärche stellt ZECH sehr gründliche Untersuchungen an, um die Ursache für geringes Wachstum, Nadelverfärbungen und eigenartige Baumformen sicher deuten zu können. So werden z. B. neben dem visuellen Studium der Mangelerscheinungen und neben Nadel- bzw. Blattuntersuchungen, diagnostische Düngungen, z. T. mit neuer Technik durchgeführt. Durch Normalisierung von Zuwachs und äußerem Erscheinungsbild der Pflanzen nach der meist sehr schnellen Aufnahme der zugeführten Nährstoffe, werden so die chemischen Analysen bestätigt.

Im Bildteil sind 22 farbige Abbildungen von typischen Verfärbungen bei Stickstoff-, Magnesium-, Kalium-, Eisen- und Manganmangel wiedergegeben. Beim ausführlich demonstrierten Kaliummangel unterscheidet ZECH ein Pflanzgartensymptom und ein Moorsymptom.

Die Arbeit ist für alle Forstwissenschaftler, die sich mit der Waldernährung befassen, eine wichtige Ergänzung der bisherigen Erkenntnisse. Aber auch dem Praktiker, der in seinem Bereich Aufforstungen auf kalkhaltigen Böden durchzuführen hat, können die Forschungsergebnisse von ZECH für eine Behebung dieser Schäden von großem Nutzen sein.

Sicherlich werden dem Forstmann in Zukunft mehr als bisher außergewöhnliche Bodenverhältnisse begegnen, nämlich bei der Aufforstung der sogenannten landwirtschaftlichen Grenzertragsböden. Diese kürzer oder länger in landwirtschaftlicher Nutzung stehenden Böden weisen in der Regel einen höheren Kalk- und Phosphat-Gehalt auf als die typischen Waldböden. Hier werden andere Düngungssysteme als bei der Nährstoffversorgung normaler Waldkulturen angewendet werden müssen, und die Erfahrungen, die ZECH bei seinen Versuchen gewonnen hat, stellen eine wertvolle Grundlage dar.

H. A. GUSSONE

**Festschrift Hans Leibundgut.** Zur Vollendung seines sechzigsten Lebensjahres 28. Juni 1969. Beiheft Nr. 46 zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins. Bühler Buchdruck, Zürich 1969, 375 S. Bezug durch die Geschäftsstelle des Schweizerischen Forstvereins, Zürich, Binzstraße 39.

Dem bekannten Vertreter der Waldbauwissenschaft an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Herrn Professor Dr. Dr. h. c. HANS LEIBUNDGUT, ist diese eindrucksvolle Festschrift gewidmet. Forschung, Lehre und praktische waldbauliche Tätigkeit gründen sich bei ihm auf die Erkenntnis, daß der Wald eine Lebensgemeinschaft ist, die sich in einem dynamischen Gleichgewicht befindet oder ihm zustrebt, deren einzelne Glieder in gegenseitiger Abhängigkeit stehen und sich wechselseitig beeinflussen. Diese Lebensgemeinschaft Wald ist eingefügt in den elementaren Lebens- und Kulturkreis „Mensch — Wald (Natur)", aus dem Waldideal und Waldgesinnung, in ständiger Wandlung begriffen, ihren Ursprung nehmen. Denkweise und Denkrichtung ergeben sich zwangsläufig aus diesem großen Beziehungsgefüge. Auf so breiter Grundlage aufgebaut, konnte LEIBUNDGUTS wissenschaftliche Arbeit universal das gesamte Fachgebiet, vordringend bis in die Grenzbereiche, erfassen und in ihren Auswirkungen weit über die Schweizer Grenzen ausstrahlen. Seine Schüler nahmen sein Gedankengut mit in ihre Heimatländer. Wir finden in der Festschrift Beiträge von Autoren aus Belgien, Deutschland, Griechenland, Israel, Jugoslawien, Kanada, Österreich, Polen, Schweden, Schweiz usf., und die Themen der Beiträge umfassen das weit abgesteckte Feld der LEIBUNDGUTschen Waldbaulehre, auf dem Fundament der Waldkunde errichtet.

Nach einer Würdigung von LEIBUNDGUTS Anteil an der Entwicklung waldbaulicher Ideen durch JOSEF NIKOLAUS KÖSTLER und einem Bericht über seine Arbeit für den Schweizerischen

Forstverein durch WILFRIED KUHN spannt sich der Themenkreis weit vom Urwald (KARL ALFONS MEYER) und Naturwaldreservat (HANNES MAYER), vom biologischen Gleichgewicht (CHRISTIAN AUER) über die Kultur und Pflege (EMIL SURBER, PETER BACHMANN, MARCEL VAN MIEGROET) und die Nutzung des Waldes (PETER GRÜNIG, HANSJÖRG STEINLIN), immer auf den natürlichen Grundlagen von Boden (FELIX RICHARD), Vegetation (JERZY FABIJANOWSKI, KAZIMIERZ ZARZYCKI), Umwelt und Erbgut (HUBERT VON PECHMANN) basierend, bis hin zu dem landschaftspolitischen und sozialen Spannungsfeld (HEINRICH GUTERSOHN, ERNST WINKLER, THEODOR HUNZIKER), in dem Wald und Forstwesen heute stehen. „Wald- und Forstwirtschaft bei Jeremias Gotthelf" (ALBERT HAUSER) verbindet, ergänzt und rundet ab. Betrachtungen über Tropenwald und Tropenwaldwirtschaft (HANS LAMPRECHT, WALTER BOSSHARD) geben einen weltweiten Ausblick.

In diesem Kreis liegt die ganze Vielfalt der Themen der Festschrift. H. GOTHE

**Beurteilung und Behebung von Ernährungsstörungen bei Forstpflanzen.** Von J. JUNG und G. RIEHLE. BLV Verlagsgesellschaft München. 36 Seiten Text, 16 Seiten Tafeln, davon 15 farbig. Flexibler Kunststoffeinband DM 12,—.

Das kleine Taschenbuch informiert in kurzer, klarer Form über den Nährstoffentzug der wichtigsten Forstpflanzen verschiedenen Alters und will dem Praktiker das nötige Wissen zur Beurteilung der Nährstoffversorgung unserer Waldbäume vermitteln. Dabei wird besonderer Wert auf die Beschreibung der Nährstoffmangelsymptome gelegt und dieser Akzent durch eine Reihe instruktiver Farbfotos deutlich gemacht. Das Büchlein, das auch die Problematik der Rohhumusmelioration sowie einige Zusammenhänge zwischen Düngung und Schädlingsbefall skizziert, eignet sich vorzüglich als Ergänzungsband zu den im gleichen Verlag erschienenen „Faustzahlen für Düngung im Walde". K. G. KERN

**Der Jagdteckel.** Ausbildung und Führung. Von H. LUX. Verlag P. Parey, Hamburg und Berlin, 1968. 111 S. und 8 Bildtafeln mit 16 Abbildungen. Kart. DM 9,80.

Die Haltung von Vorstehhunden oder gar von Schweißhunden ist für die meisten Jäger heute ein unlösbares Problem. So greift man gern als Jagdgehilfen zum Teckel, der in jedem Fahrzeug seinen Platz findet und noch im Rucksack mitgenommen werden kann, wenn der Schnee einmal gar zu tief liegt.

Es ist daher dankenswert, daß sich der Verfasser der Erziehung und Haltung der Teckel, den Möglichkeiten ihres Einsatzes bei der Schweißarbeit, beim Stöbern und im Bau widmet. Die sehr anschauliche Schilderung zeugt von langer praktischer Erfahrung und wird auch dem erfahrenen Hundeführer noch manchen guten Ratschlag mit auf den Weg geben. Das Büchlein sei daher jedem Teckelbesitzer gern empfohlen. G. MITSCHERLICH

**700 Jahre Jagdrevier.** Von ERWIN BUCHHOLZ und FERDINAND CONINX. DRW-Verlags-GmbH, Stuttgart 1969. 132 S., 48 Abb., 2 Faksimiledrucke, 2 Karten. DM 24,—.

Eines der größten und schönsten deutschen Jagdreviere ist die Schorfheide bei Berlin, in der bereits die Kurfürsten von Brandenburg und später die preußischen Könige und deutschen Kaiser der Jagd oblagen.

Die Verfasser, einst selber Revierverwalter in der Heide, geben einen anschaulichen Bericht von der Entwicklung der Waldverhältnisse der Heide. Auf die Exploitation der alten schönen Eichenbestände im 16.-18. Jahrhundert folgte eine natürliche Birkenvegetation, die dann durch den Anbau der Kiefern abgelöst wurde. Immer hat daneben aber auch das Wild und die Jagd eine große Rolle gespielt, wovon der einstige „große Wildzaun", der von der Havel bis nach Oderberg verlief, Kunde tut. Gute Bilder vermitteln einen lebendigen Eindruck von der Schönheit der von Seen durchzogenen Landschaft und den hervorragenden Trophäen, die von Potentaten und Ministern aus aller Herren Länder dort erbeutet wurden. G. MITSCHERLICH

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 25 08. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG




INHALTSVERZEICHNIS



141. JAHRGANG 1970 HEFT 5 MAI

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

***Manuskripte*** **(es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.**

***Anzeigenverwaltung:*** **Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 3804, Vorwahl 06 152.**

***Anzeigenpreis:*** **die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.**

***Verlag:*** **J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.**





**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 5 des 141. Jahrgangs sind:**

Dr. Hermann Bogenschütz, Forstzoologisches Institut der Universität Freiburg, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17
Forstrat Dr. P. Gürth, 78 Freiburg, Egonstraße 93
Akad. Rat Dr. Edgar Künstle, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17
Professor Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17
Dipl.-Forstw. Dr. J. Pacher, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17
Professor Dr. Lore Steubing, 63 Gießen, Landgrafenstraße 4

**Die Buchbesprechung erfolgte von:**

Professor Dr. E. Oberdorfer, Direktor der Landessammlungen für Naturkunde, 75 Karlsruhe, Erbprinzenstraße 13


**Übersetzungen**

der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*
*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.
***Résumés*** von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

**Beilagenhinweis**

Bitte beachten Sie den diesem Heft beiliegenden Prospekt des Verlags Paul Parey, Hamburg, über das Buch „Die Waldkrankheiten" von F. Schwerdtfeger.

# Assimilations- und Transpirationsmessungen in einem Stangenholz

(Mit 6 Abbildungen)

Von E. Künstle und G. Mitscherlich, Freiburg/Br.

## I. Einleitung

Assimilations- und Transpirationsmessungen sind nicht nur für den Botaniker von Interesse. Manche Fragen des Zuwachses und der Ertragsleistung unserer Wälder ließen sich besser beantworten, wenn wir über die Prozesse der Stoffbildung noch besser unterrichtet wären. Der Wasserverbrauch des Waldes für die Transpiration ist wasserwirtschaftlich von großer Bedeutung.

Im Institut für forstliche Ertragskunde der Universität Freiburg wurden daher im Rahmen der Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Waldwachstum und seinen Umweltbedingungen auch Messungen über die Assimilation und Transpiration aufgenommen. Sie fanden in der Versuchsstation auf dem Uhlberg im Städt. Forstamt Freiburg statt.

Dem Revierverwalter des Städt. Forstamts Freiburg, Herrn Oberforstdirektor Ritter und Herrn Oberförster Schühle sei auch an dieser Stelle für Ihre Unterstützung herzlichst gedankt. Ebenso gilt unser Dank unseren Mitarbeitern, Frau Hamel, Herrn und Frau Heilbrunner, Herrn Lehmann und Frau Schrempp.

## II. Untersuchungsbestand

Der Untersuchungsbestand befindet sich auf einem zu 26 % geneigten Südhang in 600 m SH am Westabfall des Schwarzwaldes zur Rheinebene. Der Bestand ist heute 15 - 20jährig und hat eine Höhe von 12 - 15 m. Er ist aus einer lockeren Naturverjüngung von Buche, Birke und Kiefer entstanden, die mit Douglasien im 2-m-Verband überpflanzt wurde. Heute ist der Bestand zu einem Douglasienstangenholz mit mäßiger Beimischung der anderen angeführten Baumarten erwachsen.

In diesem Bestand wurde ein Stahlrohrgerüst errichtet, von dem aus Assimilations- und Transpirationsmessungen an allen 4 Baumarten vorgenommen werden können. Hier wird zunächst nur über die Messungen in dem oberen Kronenbereich von Douglasie, Buche und Kiefer berichtet. Die Messungen fanden ausschließlich an Nadeln und Laub des laufenden Jahres statt.

## III. Methode

Für die Untersuchungen standen zwei Gaswechselmeßanlagen zur Verfügung, wie sie von Herrn Dozent Dr. Koch, München, und dem Forschungslabor der Firma Siemens in Erlangen entwickelt wurden (Koch, Klein, Walz, 1968; Lange, Koch, Schulze, 1969).

Die Anlagen bestehen aus einer Gaswechselkammer oder Küvette (Abbildung 1), in die ein Zweig von etwa 20 - 30 cm Länge eingeführt werden kann. Diese Küvette besteht aus einem speziell gefertigten Plexiglas, das das Tageslicht nach eigenen Untersuchungen ohne Veränderung der Beleuchtungsstärke durchläßt. Der Boden der 70 x 24 cm großen und 15 cm hohen Küvette wird von einem Block von 9 Peltier-Elementen eingenommen, die elektronisch mit Hilfe von $Pt_{100}$-Fühlern die Lufttemperatur in der Küvette im Nachlauf auf die Außentemperatur einregulieren. Wahlweise besteht auch die Möglichkeit, die Küvettentemperatur auf bestimmte, gewünschte Temperaturen einzustellen. Ein Quergebläse in der Küvette sorgt für die notwendige Luftumwälzung. Durch Änderung der Drehzahl kann eine Windgeschwindigkeit von 0,5 - 3 m/sec. eingestellt werden.

Neben der Temperaturregulierung ist die Meßanlage auch zur Regulierung der Luftfeuchtigkeit ausgerüstet. Das ist notwendig,

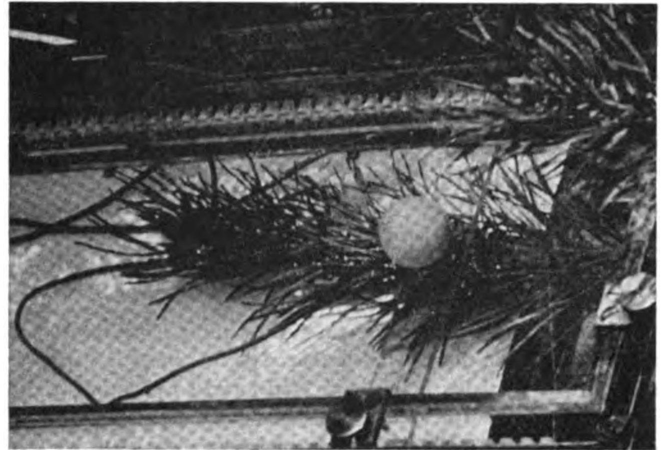


Abb. 1
*Gaswechselkammer (Küvette) mit eingeführtem Kiefernast.*
In der Mitte das kugelförmige Raumbeleuchtungsmeßgerät.

da die Assimilation im allgemeinen mit zunehmender Luftfeuchtigkeit ansteigt (Abbildung 2). Ohne Ausfällung des durch die Transpiration an die Luft abgegebenen Wasserdampfes würden naturwidrige Bedingungen in der Küvette herrschen und die Assimilations- und Transpirationsmessungen würden falsche Werte erbringen. Außerdem kondensiert bei nicht feuchteregulierten Küvetten der Wasserdampf häufig innen an den Küvettenwänden, wodurch die Beleuchtungsstärke in der Küvette herabgesetzt wird, was zu einer zusätzlichen Verfälschung der Meßwerte führen müßte.

Die Feuchteregulierung findet nicht in der Küvette selbst statt. Die Luft wird dazu vielmehr in ein mit Peltier-Elementen ausgerüstetes Kühlsystem abgesaugt. Dort wird das Transpira-

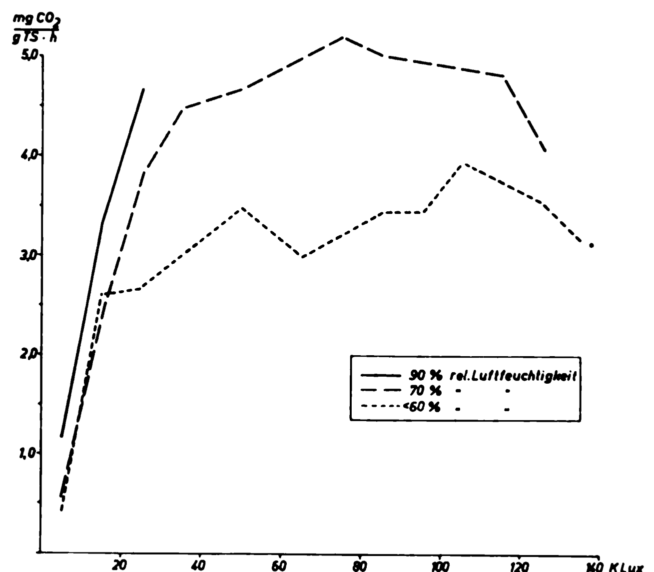



Abb. 2
*Nettoassimilation von Douglasie (1jährige Nadeln) in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke bei verschiedener relativer Luftfeuchte.*
Die Nettoassimilation steigt mit Zunahme der relativen Luftfeuchte stark an.

tionswasser ausgefällt und die Luft dann wieder in die Küvette zurückgegeben. Für die Feuchteregulierung sind LiCl-Fühler eingesetzt. Nähere Einzelheiten über die Apparatur können den Arbeiten von KOCH et al. (1968) und LANGE et al. (1969) entnommen werden. Die Transpiration kann aus den Differenzen zwischen den Taupunkttemperaturen der verschiedenen LiCl-Fühler unter Berücksichtigung der Durchflußmenge berechnet werden. Summarische Transpirationswerte erhält man außerdem durch Messen des im Kühlsystem ausgefällten Transpirationswassers.

Alle Luft- und Taupunkttemperaturen wurden mit Kompensographen registriert.

Die Luft, die die Küvette durchströmt, ist durch die Assimilation an $CO_2$ verarmt bzw. — in der Nacht — durch die Atmung mit $CO_2$ angereichert. Sie wird in einen Ultrarotabsorptionsschreiber (URAS) geleitet, wo ihr $CO_2$-Gehalt in Differenz zum $CO_2$-Gehalt der Außenluft gemessen und registriert wird.

Assimilation und Transpiration werden auf g Trockensubstanz (TS) an Blättern bzw. Nadeln bezogen. In einigen Versuchsserien wurde auch die Blatt- bzw. Nadeloberfläche bestimmt. Die Bestimmungen sind jedoch so unsicher, daß wir es vorzogen, die Trockensubstanz als Bezugsbasis zu verwenden. Daß das Gewicht mehrjähriger Nadeln größer ist als einjähriger und daß der Vergleich der Trockensubstanz von Nadeln mit der Trockensubstanz von Blättern gewisse Schwierigkeiten in sich birgt, ist bekannt. Aber auch die Oberfläche ist ein unzuverlässiges Vergleichskriterium, da der anatomische Bau von Nadeln und Blättern beträchtliche Unterschiede aufweist.

Die Raumbeleuchtungsstärke in der Küvette wird in Lux gemessen und ebenfalls registriert. Die Meßgeräte hierfür bestehen aus Hohlkugeln von 36 mm Durchmesser, die aus milchig weißem Plexiglas gefertigt sind (siehe weiße Kugel in Abbildung 1 in der Mitte der Küvette). An der Unterseite dieser Hohlkugeln ist eine Siliziumzelle mit Farbkonversionsfilter angebracht, so daß der Lichtstrom ohne Rücksicht auf die Einfallsrichtung gemäß dem spektralen Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen (DIN 5031) erfaßt wird. Diese Geräte wurden von Dr. HARTMANN vom Biologischen Institut II der Universität Freiburg entwickelt und von uns nachgebaut.

## IV. Ergebnisse

Die Messungen wurden im Laufe der Vegetationsperiode des Jahres 1969 vorgenommen. Insgesamt wurden mit zwei Gaswechselkammern je 7 Meßserien durchgeführt. Diese Serien gestatten noch kein abschließendes Urteil. Dieser Bericht ist daher nur als erster Teilbericht aufzufassen. Die Verhältnisse sind nach Jahreszeit, Exposition, Witterung usw. zu vielgestaltig, als daß sie innerhalb einer Vegetationszeit mit den wenigen Meßgeräten in vollem Umfang hätten erfaßt werden können.

Mangels einer Digitalanlage mußte die Auswertung der Registrierungen außerdem von Hand erfolgen. Von den Registrierungen wurden daher bis jetzt nur ca. 6% in Form von systematischen Stichproben ausgewertet (Ablesung der Registrierungen in Abständen von jeweils 10 Min.).

In Abbildung 3 wird als Beispiel der Tagesgang von Nachtatmung und Nettoassimilation (kurz als Assimilation bezeichnet), von Transpiration und Beleuchtungsstärke an Douglasie (links) und Buche (rechts) dargestellt. Es handelt sich um Messungen vom 14. 6. 1969, einem am Ende einer längeren, warmen Trockenperiode liegenden Strahlungstag, an dessen Nachmittag schon vereinzelte Wolken den Himmel überquerten. Die Lufttemperatur stieg an diesem Tag von 16° C am frühen Morgen bis auf 26° C am Mittag an, um bis Mitternacht wieder auf 18° C abzusinken. Die relative Luftfeuchte war, wie üblich, in den Nachtstunden verhältnismäßig hoch (ca. 81%), ging gegen Mittag aber auf 43% zurück. An Zirkumglobalstrahlung wurden an diesem Tage 282 cal/cm² gemessen.

Die Messungen erfolgten im obersten Kronenbereich zweier direkt benachbarter Bäume und zwar jeweils an ihrer Südseite, 10,5 m über dem Boden. Die Gesamthöhe der Douglasie betrug 13,0 m, die der Buche 12,0 m. Die beiden Gaswechselkammern waren gleich orientiert und etwa gleich stark geneigt. Sie befanden sich außerhalb des Schlagsschattens irgendwelcher Nachbarbäume. Nur gelegentlich ist mit kurzfristiger Beschattung durch die Stahlrohre des Meßgerüstes oder einzelner Zweige desselben Baumes zu rechnen.

Die Darstellung des Ablaufs der drei Elemente (Assimilation, Transpiration und Beleuchtungsstärke) in Abbildung 3 wurde so

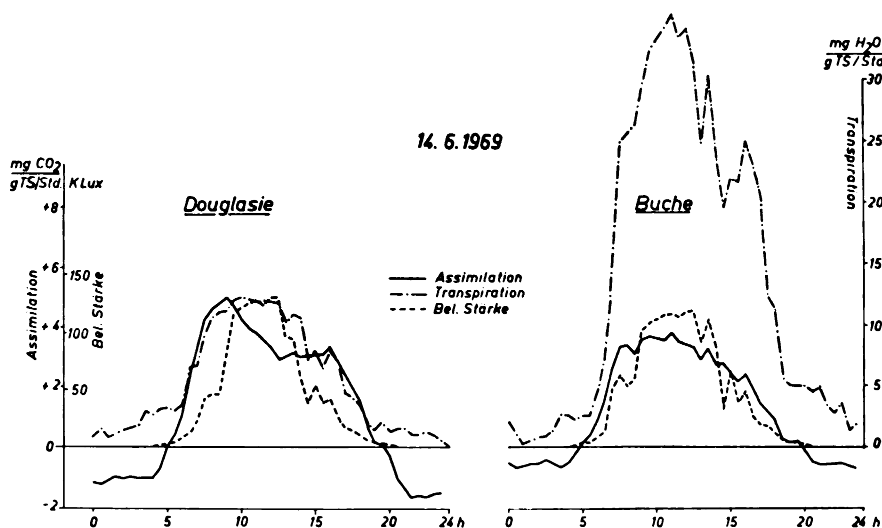



Abb. 3

*Tagesgang von Atmung bzw. Nettoassimilation* (als Assimilation bezeichnet), *Transpiration und Beleuchtungsstärke von Douglasie und Buche an einem Strahlungstag im Sommer (14. 6. 1969).*

Die Nettoassimilation der Douglasie fällt nach einem Höchstwert um 9 h rasch ab um erst gegen 16 h wieder etwas zuzunehmen (Mittagsdepression).

Die Transpiration der Buche beträgt fast das Dreifache derjenigen der Douglasie.

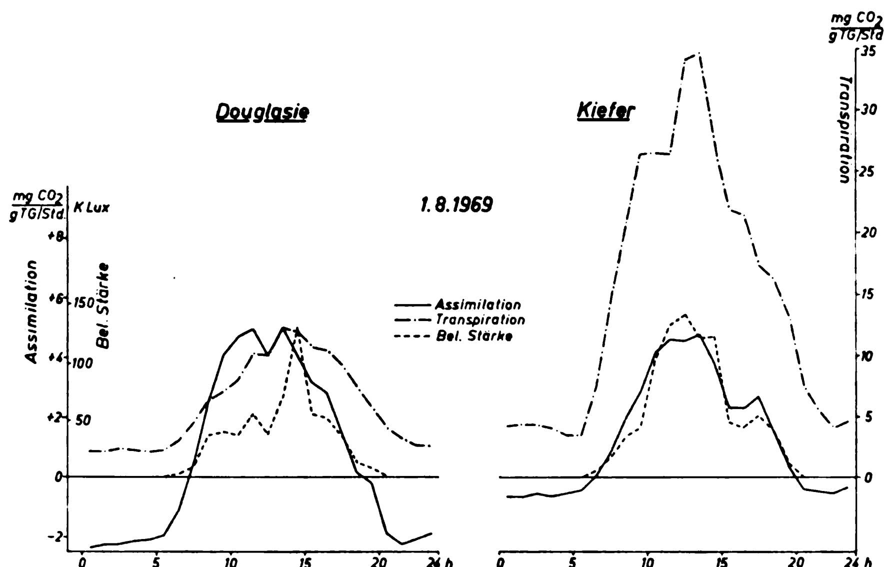



Abb. 4
*Tagesgang von Atmung bzw. Nettoassimilation* (als Assimilation bezeichnet), *Transpiration und Beleuchtungsstärke von Douglasie und Kiefer an einem warmen Sommertag (1. 8. 1969).* Der Douglasienast befindet sich an der Nordseite der Krone und damit weitgehend im Eigenschatten des Baumes, der Kiefernast steht an der Ostseite der Krone.
Trotz verminderter Strahlung ist die Nettoassimilation der Douglasie fast unvermindert. Sie entspricht etwa derjenigen der Kiefer. Die Transpiration der Kiefer ist fast dreimal so groß wie die der Douglasie.

gewählt, daß bei der Douglasie die Tagesmaxima auf gleicher Höhe liegen. So ist am ehesten ein Vergleich zwischen den untersuchten Baumarten möglich.

Die Beleuchtungsstärke war bei dieser Meßserie in beiden Küvetten etwa die gleiche. Da die Temperaturfühler für die Außentemperatur und die Ansaugstellen für die Luft unter einem Strahlung und Niederschlag abhaltenden, kleinen Dach am gleichen Ort lagen, waren auch die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit — die in Abbildung 3 nicht dargestellt sind — bei Douglasie und Buche dieselben.

Während der Nachtstunden findet in der Douglasienküvette kräftige Atmung statt. Gegen 4 h beginnt die Assimilationstätigkeit. Um 5 h wird die Kompensationslage (0-Linie) überschritten. Von nun an ist die Netto-Assimilation (d. h. die Gesamtassimilation vermindert um die Atmung) größer als die Atmung. Sie steigt zunächst sehr rasch, von 7.30 h etwas langsamer zu einem Höchstwert an, der gegen 9 h erreicht ist. Dann folgt ein relativ rascher Rückgang mit einem leichten erneuten Anstieg gegen 16 h. Es handelt sich also um eine deutliche Mittagsdepression, wie sie auch von Stocker (1960), Helms (1965), Lange et al. (1969) u. a. beobachtet worden ist. Schließlich sinkt die Nettoassimilation mit dem Sinken des Sonnenstandes in den Abendstunden wieder ab bis die Kompensationslage kurz vor 20 h unterschritten wird.

Die Transpiration der Douglasie nimmt in den Morgenstunden etwas langsamer zu als die Assimilation. Das liegt wahrscheinlich daran, daß die Erwärmung langsamer zunimmt als die Beleuchtungsstärke und damit sowohl von Seiten der Energie für die Verdunstung wie von Seiten der Wasseraufnahmefähigkeit der Luft her eine Verzögerung eintritt. Die Transpiration kulminiert daher erst gegen 10 h, bleibt aber dann im Gegensatz zur Assimilation bis gegen 14 h auf beachtlicher Höhe, um erst im Laufe des Nachmittags zunächst langsam, dann rascher abzunehmen. Die Abschwächungen der Einstrahlung durch vorüberziehende Wolken führen regelmäßig zu einer gleichzeitigen Verringerung der Transpiration.

Die Unterschiede im Kurvenablauf von Assimilation und Transpiration sind vermutlich dadurch zu erklären, daß an diesem warmen Sommertag nur bis in die Vormittagsstunden hinein die Wasserversorgung der Nadeln voll ausreichend war. Durch die rasch ansteigende Transpiration stellte sich dann jedoch wahrscheinlich ein zunehmendes Wasserdefizit ein, das vielleicht noch nicht zu einem Stomataschluß, aber doch zu einer gewissen Hemmung der Assimilation führte (Slatyer 1967, Bosian 1968). Außerdem ist an die Anreicherung der Zellen mit Assimilaten zu denken, die nicht in ausreichendem Umfang an die Verbrauchsorte weitergeleitet werden können (Kramer-Kozlowski, 1960).

Ein wesentlich anderes Bild bieten Assimilation und Transpiration der direkt benachbarten Buche (Abbildung 3, rechts). Nach etwas geringerer Nachtatmung steigt auch bei ihr die Netto-Assimilation in den frühen Morgenstunden rasch an. Sie erreicht dann jedoch nicht ganz die gleiche Höhe, wie die der Douglasie, sondern bleibt etwa um 15 % dahinter zurück. Andererseits fällt sie aber auch nicht so rasch wieder ab. Die Mittagsdepression, die wir bei der Douglasie fanden, ist bei der Buche nicht zu beobachten. Erst im Laufe der Nachmittagsstunden läßt die Netto-Assimilation der Buche mehr und mehr nach. Da bei der engen Nachbarschaft beider Bäume auf dem grusig, lehmigen Hangschuttboden kaum mit wesentlichen Verschiedenheiten der Wasserversorgung zu rechnen ist, ist es nicht ausgeschlossen, daß sich in diesem unterschiedlichen Verhalten Besonderheiten beider Baumarten ausprägen. Die Frage bedarf jedoch sehr eingehender Nachprüfungen. Insgesamt ist die Stoffproduktion der Douglasie trotz höherer Nachtatmung an diesem Tage (0 - 24 h) 7 % höher als die der Buche.

Überraschend groß ist gegenüber der Douglasie die Transpiration der Buche. Sie übertrifft die der Douglasie fast um das Dreifache. Die Transpiration erreicht wie die der Douglasie um 11 h ihren Höchststand und fällt im Laufe des Nachmittags zunächst langsam, später verhältnismäßig rasch wieder ab. Die vorüberziehenden Wolkenfelder verursachen auch bei der Buche entsprechende Depressionen der Transpiration. Die Transpirationsüberlegenheit der Buche ist wahrscheinlich durch die andere Stellung ihrer Stomata bedingt. Sie liegen auf der Blattunterseite ungeschützt, während die der Douglasie in Vertiefungen eingebettet und mit Wachstropfen überdeckt sind.

In Abbildung 4 sei als zweites Beispiel ein Vergleich der Assimilation und Transpiration an Douglasie (links) und Kiefer (rechts) gebracht. Hier (1. 8. 1969) handelt es sich um einen sehr warmen, jedoch etwas diesigen Sommertag mit vereinzelten Wolken. Die Lufttemperatur, die am frühen Morgen 18° C betragen hatte, erreichte gegen Mittag Höchstwerte von 31° C. Die relative Luftfeuchte lag in den Nachtstunden bei 84 %, mittags fiel sie dagegen bis auf 40 % ab. Da sich der Himmel im Laufe des Nachmittags bewölkte, betrug die Zirkum-Globalstrahlung dieses Tages etwas weniger als am 14. 6. 1969, nämlich nur 218 cal/cm².

Die Messungen erfolgten auch bei Douglasie und Kiefer im oberen Kronenbereich und zwar bei der Douglasie auf der N-Seite, bei der Kiefer auf der O-Seite der Krone, wiederum in einer Höhe von 10,5 m über dem Boden. Die Douglasienküvette befand sich im Laufe des Vormittags im Eigenschatten des Baumes und kam erst gegen 15 h zum vollen Lichtgenuß. Die Kiefernküvette war dagegen erst nachmittags beschattet. Es wurde zwar grundsätzlich versucht, für die Vergleichsmessungen jeweils Zweige zu finden, die nach der gleichen Himmelsrichtung abgingen. Doch mußte auch die Größe der Zweige und ihre Benadelung berücksichtigt werden, so daß gelegentlich bei einzelnen Meßserien auch auf nicht richtungsgleiche Zweige zurückgegriffen werden mußte.

Während der Nachtstunden ist bei der Douglasie wiederum eine sehr kräftige Atmung zu beobachten. Die Kompensationslage wurde kurz nach 7 h erreicht, von da ab steigt die Assimilation rasch auf ähnlich hohe Werte wie am 14. 6. 1969 an. Die durch die Beschattung stark herabgesetzte Beleuchtungsstärke von etwa 36 klux reicht dabei zu voller Assimilationsleistung aus. Das Hochschnellen der Beleuchtungsstärke gegen 14.30 h auf 86 klux führt wenigstens zu keiner Aufbesserung der Assimilation. Diese geht vielmehr von 13.30 h an zurück, sei es, daß sich nach und nach ein stärkeres Wasserdefizit einstellte, sei es, daß der mangelnde Abtransport der Assimilate die weitere Assimilation behinderte. Eine eindeutige Mittagsdepression der Netto-Assimilation ist an diesem Tage nicht zu beobachten.

Die Transpiration der Douglasie erreicht an diesem besonders warmen Tag mit etwa 16 mg $H_2O$/g TS · Std. etwas höhere Werte als am 14. 6., wo maximal nur 12 mg/g · Std. gemessen wurden. Sie erreicht wiederum später als die Assimilation ihr Maximum und fällt auch langsamer wieder ab.

Die Kiefer weist in den Nachtstunden einen merklich geringeren Atmungsverlust als die Douglasie auf. Die Netto-Assimilation am Tage ist der der Douglasie dagegen um ca. 19 % unterlegen. Ihre Gesamtleistung an Stoffproduktion ist an diesem Tage (0 - 24 h) der der Douglasie daher etwas überlegen. Anders geartete Unterschiede bestehen dagegen wiederum in der Transpiration, die bei der Kiefer wie bei der Buche fast dreimal so hoch ist wie bei der Douglasie.

Die Produktivität der Transpiration ist also bei der Douglasie fast um das Dreifache größer als bei Buche und Kiefer.

Die im Sommer 1969 vorgenommenen Messungen gestatten einen gewissen Einblick in die grundsätzlichen Beziehungen zwischen Netto-Assimilation und Transpiration und den Umweltfaktoren bei den verschiedenen Baumarten. Dazu wurde in Abbildung 5 die Beziehung zwischen Netto-Assimilation und Beleuchtungsstärke (oben) und Lufttemperatur (unten) dargestellt.

Die obere Darstellung erhärtet die bereits vorliegenden Erfahrungen, daß bei den meisten Baumarten bereits relativ geringe Beleuchtungsstärken ausreichen, um eine volle Assimilation zu gewährleisten (Larcher 1969). So scheinen bei den Sonnenblättern des oberen Kronenbereichs von Douglasie und Buche bereits annähernd 25 klux für die volle Assimilation ausreichend zu sein. Bei gleicher Beleuchtungsstärke liegt die Assimilation der Douglasie dabei um rd. 18 % über derjenigen der Buche. Der Ablauf der Kiefernkurve weicht von derjenigen der anderen Baumarten merklich ab. Eine Mindestbeleuchtungsstärke, von der an mit einem Gleichbleiben der Assimilation zu rechnen ist, läßt sich bei ihr aus dem bisherigen Material wenigstens nicht erkennen. Es wäre jedoch erwünscht, diese Untersuchungen zu erweitern, um eine Stratifizierung nach Temperaturen und Tageszeiten usw. vornehmen zu können.

Die untere Darstellung von Abbildung 5 zeigt für die Douglasie in den Monaten Juni und August ein Temperaturoptimum für die Assimilation von 22 - 24° C. Dasjenige von Buche und Kiefer scheint etwa bei 24 - 26° C zu liegen. Nach Larcher (1969) wurden von anderen Autoren für die Douglasie Optimaltemperaturen von 18 - 22° C und für die Buche solche von 20 - 22° C angegeben. Werte für die Kiefer scheinen bisher noch zu fehlen. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß die Temperaturansprüche nicht nur von Baumart zu Baumart verschieden sind, sondern daß auch Provenienzunterschiede, Standortsunterschiede und die Jahreszeit dabei eine Rolle spielen. Bei gleichen Lufttemperaturen ist die Netto-Assimilation der Douglasie gesichert höher als die der Buche und der Kiefer. Infolge der anderen Lage der Optima nähern sich die Kurven in den höheren Temperaturbereichen einander an.

In Abbildung 6, oben, wird die Beziehung zwischen Lufttemperatur und Transpiration aufgetragen. Danach liegt die Transpiration der Kiefer über der der beiden anderen Baumarten. Sie erreicht bei etwa 25° C ihr Maximum. Von da ab ist ein geringer Rückgang bei weiter ansteigender Lufttemperatur

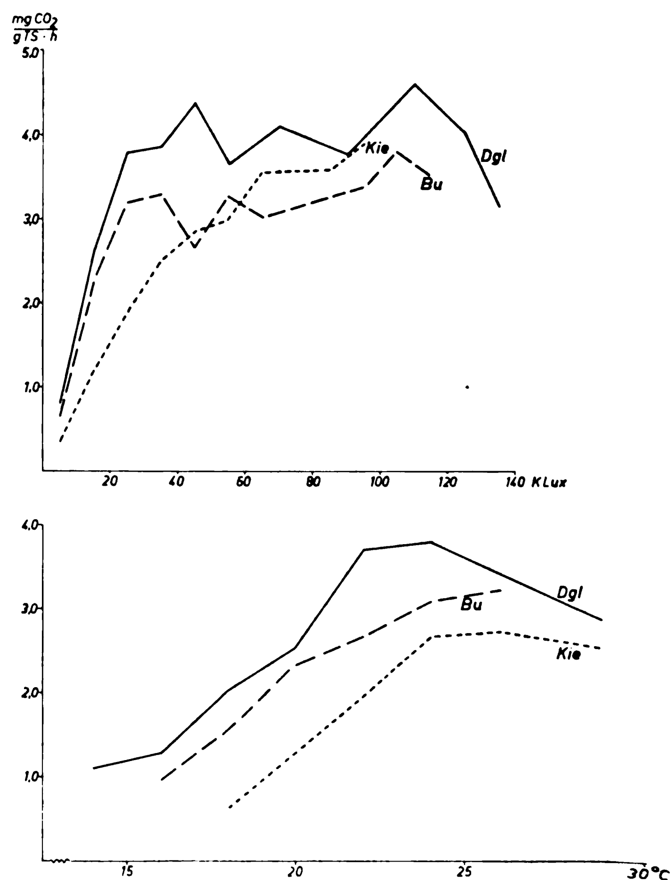



Abb. 5
*Nettoassimilation von Douglasie, Buche und Kiefer in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke (oben) und der Lufttemperatur (unten).*

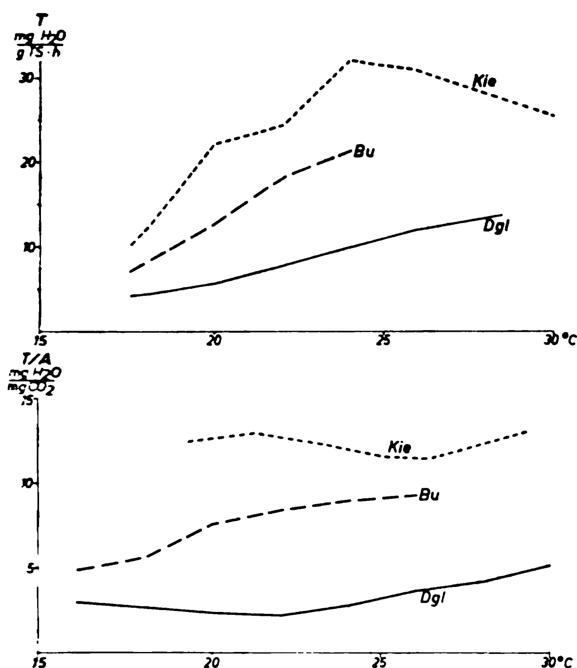



Abb. 6
*Transpiration von Douglasie, Buche und Kiefer in Abhängigkeit von der Temperatur (oben) und Quotient von Transpiration und Nettoassimilation* (Produktivität der Transpiration) *von Douglasie, Buche und Kiefer in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (unten).*

festzustellen, der vermutlich mit dem Beginn des Stomataschlusses zusammenhängen dürfte.

Die Transpiration der Buche steht an zweiter Stelle, die Douglasie hat, wie wir auch an dieser Darstellung sehen, eine ganz besonders niedrige Transpiration.

Abbildung 6, unten, zeigt das Verhältnis von Assimilation zu Transpiration, das angibt, wieviel mg Wasser bei der Assimilation von 1 mg $CO_2$ verbraucht werden. Der Quotient wird daher auch als ein Maß für die Produktivität der Transpiration angesehen.

Wie wir sehen, bestehen zwischen den verschiedenen Baumarten deutliche Unterschiede. Nach den bisherigen Unterlagen sind sie zwischen Kiefer und Douglasie sowie zwischen Douglasie und Buche statistisch gesichert, zwischen Buche und Kiefer dagegen nicht gesichert. Doch ist es nicht ausgeschlossen, daß bei umfangreicheren Unterlagen sich auch dort noch eine Absicherung ergeben kann. Jedenfalls ist die Produktivität der Transpiration der Kiefer auf unserem Standort besonders gering, die der Douglasie ausgesprochen groß. Die allerdings nur sehr schwach ausgeprägten Optima fallen mit den Optima der Assimilation (Douglasie ca. 23° C, Kiefer ca. 26° C) annähernd zusammen. Auch POLSTER (1950) und EIDMANN-SCHWENKE (1967) fanden bei ihren Untersuchungen bei der Kiefer einen besonders hohen Wasserverbrauch je g erzeugter Trockensubstanz, bei der Douglasie einen bedeutend geringeren. Die Buche war nach den Untersuchungen von POLSTER allerdings noch sparsamer im Wasserverbrauch als Kiefer und Douglasie.

Man wird unsere Ergebnisse daher nicht verallgemeinern dürfen, zumal bekannt ist, daß Assimilation und Transpiration nicht nur von Baumart zu Baumart verschieden sind, sondern daß es auch erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Provenienzen gibt (EIDMANN-SCHWENKE, 1967; NEUWIRTH, 1968) und daß die Wasserversorgung und das Nährstoffangebot (NEUWIRTH, 1966; KELLER und KOCH, 1962, 1964) ihr Verhältnis entscheidend mitbestimmen.

## V. Ausblick

Fernziel der Versuche, über deren erste, vorläufige Ergebnisse hier berichtet werden konnte, ist es, in das komplizierte Zusammenspiel von Standort, Assimilation, Transpiration und Zuwachs klare Einblicke zu gewinnen. Es bedarf keines Hinweises mehr auf die Tatsache, daß die Steigerung der biologischen Produktion mit einer Zunahme des Wasserverbrauchs Hand in Hand geht. Aufgabe muß es sein, Möglichkeiten an die Hand zu bekommen, Produktion und Wasserverbrauch optimal zu steuern.

Dazu steht uns freilich noch ein weiter Weg bevor. Die hier und anderwärts eingeleiteten Untersuchungen müssen vertieft und erweitert werden. Der Einfluß von Licht und Schattennadeln und der verschiedenen Nadeljahrgänge ist im Jahresablauf zu überprüfen. Die Verteilung der Nadeljahrgänge und von Licht- und Schattennadeln an Bäumen verschiedener Stellungen im Bestand und in verschiedenen alten Beständen ist zu bestimmen. Untersuchungen über die Verteilung der Beleuchtungsstärke in der Einzelkrone mit und ohne Beschattung durch die Nachbarn sind erforderlich. Fragen des Interzeptionsverlustes von Bestand und Bodendecke und damit des Wasserangebots im Boden sind notwendig. Unsere Kenntnisse von den Unterschieden zwischen den verschiedenen Baumarten und ihren Provenienzen bei guter und schlechter Nährstoff- und Wasserversorgung sind zu erhärten. Es ist eine langwierige aber lohnende Aufgabe, diese Probleme in Angriff zu nehmen.


## Summary

Title of the paper: *Assimilation and Transpiration Measurements in a Pole Stand.*

Assimilation was measured in the upper canopy of a mixed stand of Douglas fir, European beech and Scots pine. The daily march of assimilation in the three species is very similar (figs. 3 and 4) but the transpiration rates differ. Douglas fir has the lowest values, e. g. at 25° C it transpires half as much as beech and only a third of the rate of Scots pine (fig. 5). The averages for assimilation indicate also some differences (fig. 5 top). At equal light intensities Douglas fir assimilates much more than beech. Scots pine assimilation rates are particularly low at low light intensities, if compared to the other two species. E. F. B.



## Résumé

Titre de l'article: *Mesures d'assimilation et de transpiration dans un perchis.*

Dans un peuplement mélangé de Douglas, hêtre et pin sylvestre, on a procédé à des mesures d'assimilation dans la partie supérieure des couronnes. La comparaison des courbes journalières du Douglas et du hêtre d'une part (tableau 3) et du Douglas et du pin sylvestre d'autre part (tableau 4) ne montre que de faibles différences pour l'assimilation mais au contraire des différences très importantes pour la transpiration. Dans les deux cas, les besoins en eau du Douglas sont beaucoup plus faibles que ceux des deux autres essences qui lui sont comparées. Ce fait est confirmé dans le tableau 5, en bas, dans lequel figurent simultanément la transpiration et la température de l'air au cours de la période d'observation. On constate que les transpirations du pin sylvestre, du hêtre et du Douglas sont entre elles dans les mêmes rapports que les chiffres 3 - 2 - 1 pour une température de 23° C. D'après le tableau 5 — en haut — on constate également, sur les moyennes statistiques, des différences certaines pour l'assimilation.

L'assimilation pour le Douglas est beaucoup plus importante que pour le hêtre, dans des conditions d'éclairement identiques. Dans le cas de faibles éclairements notamment, chez le pin sylvestre, l'assimilation tombe à des valeurs beaucoup plus faibles que celles constatées pour les deux autres essences. J. M.

### Literatur

BOSIAN, G.: Die Bedeutung der Stomata, der Luftfeuchte und der Temperatur für den $CO_2$- und Wasserdampfgaswechsel der Pflanzen. Photosynthetica 2:105 - 125, 1968. — EIDMANN, F. E., und H. J. SCHWENKE: Beiträge zur Stoffproduktion, Transpiration und Wurzelatmung einiger wichtiger Baumarten. Beih. Fw. Cbl. Heft 23, 1967. — HELMS, J. A.: Diurnal and seasonal patterns of net assimilation in Douglas fir, Pseudotsuga menziesii, as influenced by environment. Ecology 46: 698 - 708, 1965. — KELLER, T., und W. KOCH: The effect of iron chelate fertilization of poplar upon $CO_2$-uptake, leaf size and content od leaf pigments and iron. Plant and soil, 20: 116 - 126, 1964. — Ders.: Der Einfluß der Mineralstoffernährung auf $CO_2$-Gaswechsel und Blattpigmentgehalt der Pappel, I. Stickstoff. Mitt. d. Schweiz. Anst. Forstl. Vers. Wesen 38: 253 - 282, II. Eisen ds. 38: 283 - 318, 1962. — KOCH, W., E. KLEIN und H. WALZ: Neuartige Gaswechsel-Meßanlage für Pflanzen in Laboratorium und Freiland. Siemens-Zeitschrift 42 (5): 1 - 12, 1968. — KRAMER, B. J. und T. T. KOZLOWSKI: Physiology of trees. Mc Graw Hill Book Comp. New York, 1960. — LANGE, O. L., W. KOCH und E. D. SCHULZE: $CO_2$-Gaswechsel und Wasserhaushalt von Pflanzen in der Negev-Wüste am Ende der Trockenzeit. Ber. Dt. Bot. Ges. 82 (1 - 2): 39 - 61, 1969. — LARCHER, W.: The effect of environmental and physiological variables on the carbon dioxide gas exchange of trees. Photosynthetica 3 (2): 167 - 198, 1969. — LYR, H., H. POLSTER und H. G. FIEDLER: Gehölzphysiologie. VEB G. Fischer-Verlag Jena, 1967. — NEUWIRTH, G.: Assimilation, Atmung und Transpiration unterschiedlich gedüngter junger Koniferen während des Frühjahrsaustriebs in Abhängigkeit von Klimafaktoren. Arch. f. Fw. 15: 629 - 639, 1966. — Ders.: Photosynthese und Transpiration von Kamm- und Plattenfichten. Arch. f. Fw. 17: 6, 613 - 620, Berlin, 1968. — POLSTER, H.: Die physiologischen Grundlagen der Stofferzeugung im Walde. Bayer. Landw. Verlag, München, 1950. — SLATYER, R. O.: Plant-water relationships. Acad. Press, London, 1967. — TRANQUILLINI, W.: Photosynthese und Transpiration einiger Holzarten bei verschieden starkem Wind. Cbl. f. d. ges. Fw. 86: 1, 35 - 48, 1969.

# Beiträge zur Temperaturempfindlichkeit und zum Wasserhaushalt von Metasequoia glyptostroboides

Von LORE STEUBING

(Lehrstuhl Botanik II der Justus Liebig-Universität Giessen)

## I. Einleitung

Nach der Auffindung der fossilen *Metasequoia glyptostroboides* durch den japanischen Palaeobotaniker SIGERU MIKI in den tertiären Tonablagerungen von Osuseva in Japan wurde die Konifere 1941 erstmals auch in rezenter Form in den beiden mittelchinesischen Provinzen Hupeh und Szechuan entdeckt. Seither existiert ein reiches Schrifttum, das sich mit der Entdeckung dieses Urwelt-Mammutbaumes und seiner Anbauwürdigkeit befaßt (u. a. BOERNER 1955, BURRICHTER und SCHOENWALD 1968, CHANEY 1951, DIETERICH 1955/56, FLORIN 1952, KAMMEYER 1957, KRÄUSEL 1949, MÄGDEFRAU 1968, MERILL 1948, 1949, MIKI 1948, SCHÖNFELD 1955, WAGNER 1959, 1960). In China wird die Metasequoia „shui-hsa“ (shui = Wasser, hsa = Lärche), d. h. Wasserlärche genannt. Mit *Larix decidua* hat die Metasequoia die sommergrünen Nadeln gemeinsam. Der Beiname „Wasser“ deutet auf das häufige Vorkommen an Flußläufen in China hin (KAMMEYER 1960). Schon bald nach ihrem Bekanntwerden ist der genannte Baum an vielen Stellen der Erde — so auch in Deutschland — mit Erfolg angepflanzt worden und hat damit zunehmendes Interesse der Forstwirtschaft gefunden. Im folgenden sollen einige Untersuchungsergebnisse angeführt werden, die sich auf die Temperaturempfindlichkeit und den Wasserhaushalt der Metasequoia beziehen.

Die Versuchspflanzen wurden von der Hessischen Forsteinrichtungs- und Versuchsanstalt zur Verfügung gestellt, der hierfür nochmals gedankt sei. Es handelt sich um einen 5jährigen Metasequoia-Bestand, der im Gießener Forstgarten auf einem Pseudogley stockend eine Fläche von 50 m² einnahm. Die zu Vergleichszwecken für die Transpirations- und Hydraturuntersuchungen benutzten Lärchen standen in unmittelbarer Nähe ebenfalls im Forstgarten.

## II. Temperaturempfindlichkeit

Die Anbauwürdigkeit der Metasequoia auch in kühleren Gebieten als denen ihres Heimatlandes beruht auf der weiten ökologischen Temperaturamplitude. Nach BURRICHTER und SCHOENWALD (1968) verträgt der Baum Wintertemperaturen bis zu — 28° C. Die genannten Autoren weisen allerdings auch darauf hin, daß die früh austreibende Konifere gegen Spätfröste empfindlich ist. Vergleichende Untersuchungen zur Frostresistenz wurden nach der Methode von PISEK und SCHIESSL (1947) in der Zeit von April bis Juli in 14tägigen Abständen vorgenommen. Hierbei zeigte sich, daß die geringste Temperaturresistenz von — 4° C Anfang April gemessen wurde, zu dem Zeitpunkt, an dem die Knospen gerade aufbrachen. In den Folgemonaten betrug die Frostresistenz — 5 - 6° C; die gleichzeitig ermittelte Hitzeresistenz (Methode LANGE 1959) lag bei + 46° C. Sie war — ebenso wie die Frostresistenz — vom Alter der Triebe abhängig, wies aber während der Vegetationsperiode nur unwesentliche Schwankungen auf.

Verschiedentlich wurde bereits auf den hohen Längenzuwachs der Metasequoia während des Jahres hingewiesen*. Abb. 1 zeigt, wie sehr das Wachstum der jungen Knospen von den herrschenden Temperaturbedingungen abhängig ist. Zu Versuchsbeginn waren die Bäume noch unbelaubt und besaßen Knospen einer mittleren Länge von 2 mm. Eine größere Anzahl von Zweigen wurde abgeschnitten und im Laboratorium bei verschiedenen Temperaturen kultiviert und die Knospenlänge mit derjenigen des Freilandes verglichen. Aus der Abbildung geht deutlich hervor, daß die bei 30° C und guter Wasserversorgung kultivierten Triebe einen deutlichen Entwicklungsvorsprung gegenüber den bei geringeren Temperaturen gehaltenen Zweigen besaßen.

## III. Wasserhaushaltsuntersuchungen

Zu vergleichenden Messungen der Transpiration von Metasequoia und Larix wurde die Momentanmethode nach STOCKER (1929) benutzt, für die Evaporationsbestimmungen Piche-Plättchen (∅ 3 cm) verwendet. Zur Erfassung der Luftfeuchte und Temperatur diente ein Assmann-Psychrometer, während die Orientierung über die Beleuchtungsstärke mittels eines Photometers erfolgte (REINHOLDT 1966).

Als Beispiel für die Regulation der Wasserabgabe bei Metasequoia und der zu Vergleichszwecken herangezogenen Larix in Abhängigkeit von den Umweltfaktoren sei ein Sommertag gewählt, der in den Vormittagsstunden bei guter Einstrahlung eine hohe Lufttemperatur und niedrige rel. Feuchte am Standort aufwies

*) Die mittlere Trieblänge des Mammutbaumes betrug im Gießener Forstgarten 70 cm.

und somit zu einer starken Beanspruchung des Wasserhaushaltes führte. Eine heranziehende Gewitterfront machte sich dann aber von mittag an durch zunehmende Schwüle und später absinkende

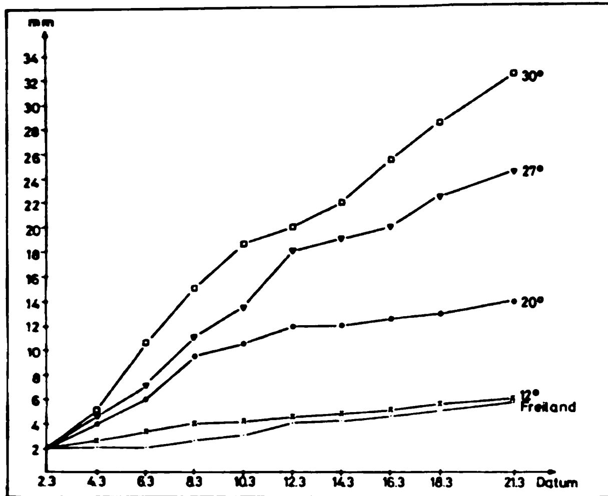



Abb. 1
Knospenwachstum in Abhängigkeit von der Temperatur.

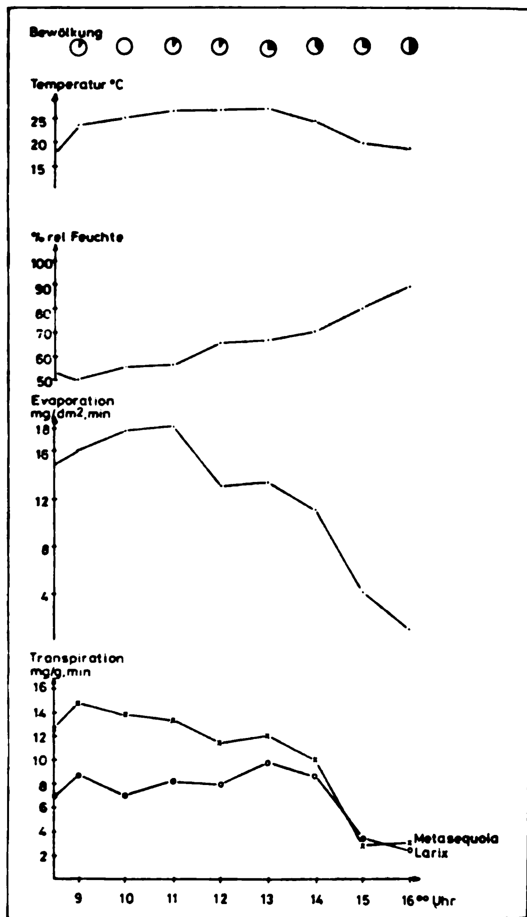



Abb. 2
Transpiration von Metasequoia und Larix
in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren.

Temperatur bei gleichzeitig rasch abnehmender Beleuchtungsintensität bemerkbar.

Aus Abbildung 2 ist zu ersehen, daß die Transpiration der Metasequoia nach einem kurzen morgendlichen Anstieg sukzessive gedrosselt wurde. Unter Bezug auf das Frischgewicht erreichte die Differenz zwischen der maximalen Transpiration am Morgen (15,0 mg / g x min) und dem Abbruch der Messungen am Nachmittag (2,4 mg / g x min) den Betrag von 12,6, was einem Transpirationsabfall von 83,3 % entspricht. Wählt man die Nadeloberfläche als Bezugsgröße, so ist diese Transpirationssenkung mit 84,2 % noch etwas größer. Diese Werte machen deutlich, daß die Metasequoia in der Lage ist, bei ungünstigen Bedingungen die Wasserabgabe stark einzuschränken. Bei günstiger Wasserversorgung, wie sie vor allem an den heimischen Standorten (Flußläufen) gegeben sein dürfte, herrscht dagegen eine hohe Transpiration, die diejenige der unter gleichen Bedingungen wachsenden Larix weit übertrifft. Erst bei stärkerer Belastung des Wasserhaushaltes nähern sich die Transpirationskurven der beiden Koniferen.

Untersuchungen des Wassersättigungsdefizits der Nadeln wurden an mehreren Tagen etwa gleicher Klimabedingungen hinsichtlich Strahlung, Temperatur und Evaporation vorgenommen. Unterschiedlich war dagegen die vorangegangene Witterung, da die entsprechenden Messungen sowohl nach einer Regenperiode als auch inmitten einer Trockenzeit vorgenommen wurden. Dabei stellte sich heraus, daß bei gleichen Umweltbedingungen das Sättigungsdefizit nach einer Feuchtperiode bedeutend höher als während der Trockenperiode war. Demnach findet bei der Metasequoia während einer regenlosen Phase eine Erhöhung der Dürreresistenz statt, die mit einer verstärkten Einschränkung der Wasserverluste verbunden ist. Die gleichzeitig ermittelten Sättigungsdefizite für die Lärchen fielen ungünstiger als für die Metasequoien aus.

Gute Aussagen über die Anspannung des Wasserhaushaltes erlauben Hydraturbestimmungen, wie sie durch Erfassung des osmotischen Wertes möglich sind. Neben dessen kryoskopischer Ermittlung wurden Messungen des Refraktometerwertes vorgenommen (Steubing 1965).

Abb. 3 gibt die osmotischen Werte der Metasequoia in 0,10 m und 1,50 m Höhe für einen längeren Zeitraum an. Erwartungsgemäß lagen die osmotischen Werte der höher inserierten Zweige auch über denen im Basalbereich. Während der Versuchstermine schwankten die Werte im Apikalbereich zwischen 11,2 und 14,4 atm, während in der basalen Zone mit 10,2 atm der geringste, mit 13,2 atm der höchste Wert gemessen wurde. Die Lage der realen Minima und Maxima des osmotischen Wertes für die Metasequoia ist damit natürlich nicht erfaßt, da sich die mitgeteilten Zahlen ja nur auf die Meßwerte zu bestimmten Stichtagen beziehen. Die auftretenden Schwankungen waren vor allem auf die wechselnden Einflüsse von Temperatur und Niederschlag zurückzuführen.

Die in der Abbildung eingetragenen Analysenwerte zeigen zugleich aber auch, daß die Lage des osmotischen Wertes der beiden am gleichen Standort stockenden Koniferen unterschiedlich war, denn Larix wies einen um 4 - 5 atm höheren Betrag auf.

Neben dem osmotischen zeigt auch der Refraktometerwert Änderungen der Hydratur der Pflanzen an (Kreeb 1961, Slatyer 1967). Auch hierfür ergibt sich ein ähnliches Bild wie für den osmotischen Wert: der geringste Refraktometerwert wurde für die Basaltriebe der Metasequoia verzeichnet, darüber lagen diejenigen der 1,5 m hoch inserierten Zweige, und sehr viel höher waren die Daten für Larix. Bei beiden Koniferen stieg der Refraktometerwert während der Vegetationsperiode an, jedoch beim Mammutbaum nicht im gleichen Maß wie bei der Lärche. Bei einer Reihe von Pflanzen wurde eine weitgehende Übereinstimmung zwischen osmotischem und Refraktometerwert festgestellt (u. a. Kreeb 1961, Ünal 1964). Andererseits wies Slavik (1959) darauf hin, daß diese geradlinige Beziehung nur für eine begrenzte Zeit gültig ist, da sich die quantitative Zusammensetzung des Zellsaftes während der Entwicklung der Pflanze ändert

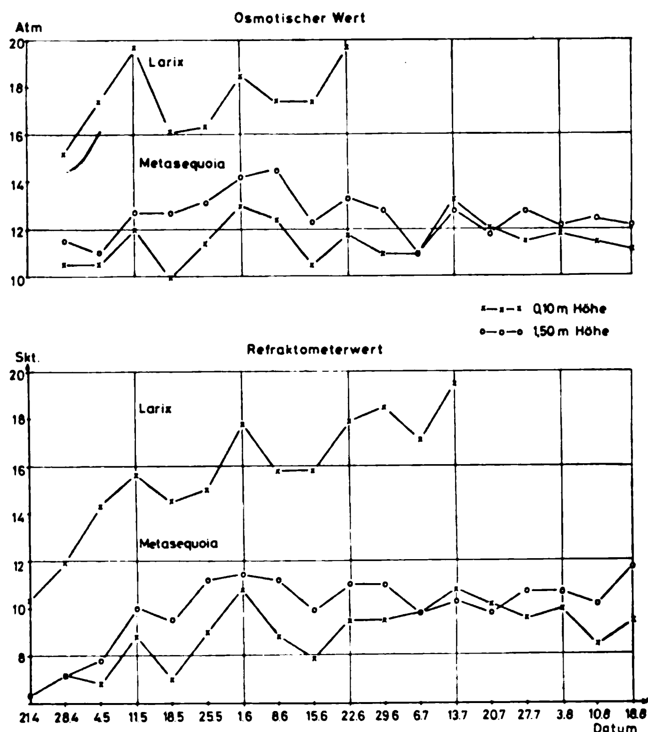



**Abb. 3**

Osmotischer- und Refraktometerwert von Metasequoia und Larix in verschiedener Insertionshöhe der Nadeln.

(Jaeger 1966). Bei Larix fand in der Zeit zwischen 28. 4. und 22. 6. eine nahezu gleichsinnige Änderung von osmotischem und Refraktometerwert statt. Bei Metasequoia war die Übereinstimmung im Kurvenverlauf in 0,10 m Höhe besser als in 1,50 m Höhe. Insgesamt war aber die Abhängigkeit zwischen osmotischem und Refraktometerwert nicht so ausgeprägt.

## IV. Zusammenfassung

Die bekannt hohe Frostresistenz der Metasequoia glyptostroboides während der Wintermonate fällt zum Frühjahr auf — 4 bis — 6 °C ab und bedingt damit die Empfindlichkeit des Baumes gegen Spätfröste. Die gleichzeitig geprüfte Hitzeresistenz dieser Konifere lag bei den Anpflanzungen im Raum Gießen bei + 46 °C und damit oberhalb der normalerweise auftretenden Blattemperaturen. Das Wachstum der Knospen wurde durch Erhöhung der Temperaturen von 12 auf 30 °C deutlich gefördert.

Das gute Gedeihen der Metasequoia auf frischen Böden in Mitteleuropa oder an den Wasserläufen ihres Heimatlandes dürfte wohl mit der hohen Transpiration bei guter Wasserversorgung im Zusammenhang stehen. Bei Verknappung der Bodenwasserreserven und hoher Evaporation findet eine starke Drosselung der Transpiration statt. Fernerhin tritt in Trockenzeiten eine Erhöhung der Dürreresistenz ein. Gleichzeitige Messungen an Metasequoia und der ebenfalls nadelwerfenden Larix ergaben für Lärchen am gleichen Standort eine geringere Transpiration bei guter Wasserversorgung, die sich aber bei stärkerer Beanspruchung des Wasserhaushaltes auf etwa gleiche Werte wie bei der Metasequoia senkte. Osmotische und Refraktometerwerte lagen bei Larix weit über denen des Mammutbaumes.

## Summary

Title of the paper: *On Temperature Sensitivity and Water Balance of Metasequoia glyptostroboides.*

The high degree of winter frost resistance of *Metasequoia glyptostroboides* declines to — 4° to — 6 °C in spring and causes late-frost susceptibility. The max. cardinal temperature is + 46 °C and above normally occurring leaf temperatures. Growth of buds was stimulated by raising temperature from 12° to 30 °C.

Good growth of the species on moist sites in Central Europe, and along water courses in its natural range, is probably related to the possible, high transpiration rates. If water supply is critical and potential evaporation high, transpiration will be reduced. Drought resistance increases during dry periods. Simultaneous measurements in *Larix* showed lower transpiration rates with sufficient water supply and equal rates if supply became critical. Osmotic and refractometer values were very much higher in larch.

E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *Sensibilité à la température et économie de l'eau chez le Metasequoia Glyptostroboides.*

Il est bien connu que le Metasequoia glyptostroboides est très résistant aux froids hivernaux; par contre, au printemps, il ne supporte pas de températures inférieures à — 4°/— 6°; ceci conditionne la sensibilité de cette essence aux gelées tardives. La résistance de ce conifère à la chaleur, testée en même temps va, dans les plantations de la région de GIESSEN, jusqu'à 46°, ce qui dépasse largement les températures de feuilles normalement constatées. La croissance des bourgeons fut nettement augmentée en élevant la température de 12 à 30°.

Le bon comportement du metasequoia sur les sols frais de l'Europe Centrale ou en bordure de rivière dans son aire d'origine doit être en relation avec la forte transpiration lorsque l'approvisionnement en eau est satisfaisant. Lorsque les réserves en eau du sol diminuent et que l'évaporation est élevée, on constate une forte réduction de la transpiration. En outre, dans les périodes sèches, intervient une augmentation de sa résistance à la sécheresse. Les mesures effectuées simultanément sur le metasequoia et sur le larix — qui a également des aiguilles caduques, montrent que sur une même station la transpiration est plus faible chez le mélèze quand l'approvisionnement en eau est satisfaisant; par contre quand les conditions sont moins favorables les valeurs trouvées pour les deux essences sont sensiblement égales. La pression osmotique et l'indice de réfraction sont beaucoup plus élevés pour le larix que pour le metasequoia.

J. M.

## Literatur

Boerner, F.: Die Entdeckung der Metasequoia glyptostroboides, fast ein Roman. Pflanze und Garten 12, 326 - 328, 1955. — Burrichter, E. und W. Schoenwald: Forstliche Anbauversuche mit der Metasequoia glyptostroboides im Raum Westfalen. Forschungsberichte d. Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 1932, 4 - 36, 1968. — Chaney, R. W.: A revision of fossil Sequioa und Taxodium in western North America based on recent discovery of Metasequoia. Trans. Amer. Philos. Soc. N. S. 40, 171 - 239, 1951. — Dieterich, H.: Metasequoia glyptostroboides. Mitt. Dt. Dendrol. Ges. 59, 29 - 33, 1955/56. — Florin, R.: On Metasequoia, living and fossil. Botaniska Notiser 1, 1 - 29, 1952. — Jäger, Sigrun: Der Wasserhaushalt von Avena sativa L. bei steigender Mineralvolldüngung. Plant and Soil 24, Nr. 1, 24 - 32, 1966. — Dies.: Der Wasserhaushalt von Avena sativa L. bei steigender Mineralvolldüngung. Plant and Soil 24, Nr. 2, 201 - 212, 1966. — Kammeyer, H. F.: Die Einführung der Metasequoia in Deutschland. Archiv f. Gartenbau, Heft 6, 1957. — Ders.: Mammutbäume. Ziemsen Verlag, Wittenberg 1960. — Kräusel, R.: Metasequoia, ein lebendes Fossil unter den Nadelbäumen. Natur und Volk 79, 234 - 237, 1949. — Kreeb, K.-H.: Die Bedeutung der Hydratur für die Kontrolle der Wasserversorgung bei Kulturpflanzen. Beitr. z. Biol. d. Pfl. 36, 57 - 89, 1961. — Lange, O. L.: Untersuchungen über Wärmehaushalt und Hitzeresistenz mauretanischer Wüsten- und Savannenpflanzen. Flora 147, 595 - 651, 1959. — Mägdefrau, K.: Metasequoia als Waldbaum. Naturw. Rdsch. 10, 440, 1968. — Merill, E. D.: A living Metasequoia in China. Science 107, 140, New York 1948. — Miki, W.: Metasequoia a "living fossil". Bot. Mag. Tokio 61, 721 - 726, 1948. — Ünal, M.: Untersuchungen zum Wasserhaushalt einiger Kulturpflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Refraktometerwerte. Ber. Dt. Bot. Ges. 77, 243 - 255, 1964. — Pisek, A. und R. Schiessl: Die Temperaturbeeinflußbarkeit der Frosthärte von Nadelhölzern und Zwergsträuchern an der alpinen Waldgrenze. Ber. d. Naturwiss.-medizin. Vereins Innsbruck 47, 33 - 52, 1947. —

REINHOLDT, ULRIKE: Pflanzenökologische Untersuchungen an Metasequoia glyptostroboides. Wissenschaftliche Hausarbeit, Gießen 1966. — SCHÖNFELD, E.: Metasequoia in der westdeutschen Braunkohle. Senk. Leth. 5/6, Bd. 36, 389 - 399, 1955. — SLATYER, R. O.: Plant-Water Relationships. Academic Press, London and New York 1967. — SLAVIK, B.: The relation of the refractive index of plant cell sap to its osmotic pressure. Biologica Plantarum 1/2, 48 - 53, Praha 1959. — STEUBING, L.: Pflanzenökologisches Praktikum. Paul Parey Verlag Berlin und Hamburg 1965. — STOCKER, O.: Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpirations- und Evaporationsgröße I und II. Ber. Dt. Bot. Ges. 47, 126 - 136, 1929. — WAGNER, A.: Testanbau mit Metasequoia glyptostroboides Hu et Cheng im Saarland. Mitt. Dt. Dendrol. Ges. 61, 92 - 94, 1959/60.

# Forstpflanzen und Kulturerfolg — eine Literaturübersicht

(Aus dem Waldbau-Institut der Universität Freiburg i. Br. in Verbindung mit der Arbeitsgruppe 12 der Sektion 23 der IUFRO)

Von P. GÜRTH

## 1 Einführung

Lange Zeit hat sich der Waldbau vorwiegend mit der Bestgestaltung der Pflanzverfahren beschäftigt (vgl. HESMER 1950, GUTSCHICK in LOYCKE 1963). Zwei verschiedenen Entwicklungen ist es zu verdanken, daß die Eigenschaften des Pflanzgutes, welche für einen optimalen Kulturerfolg Voraussetzung sind, wieder in den Vordergrund des waldbaulichen Interesses getreten sind.

Es ist dies einmal der Zwang zur Rationalisierung der forstlichen Kulturarbeiten. Bei der Fichte zum Beispiel sind für die Rationalisierung des Kulturbetriebes kennzeichnend:

a) die weitgehende Einführung der arbeitstechnisch einfachen und kostenmäßig sehr günstigen Winkelpflanzung (REISSINGER 1954, 1960),
b) der Übergang zu weiteren Pflanzverbänden bzw. geringeren Pflanzenzahlen (ABETZ 1966, ALTHERR 1966, SCHMIDT-VOGT 1966/II, KRAMER 1967),
c) in Verbindung damit die Verwendung wurzelnackter Fichtengroßpflanzen nach REISSINGER (1963, 1964, 1965). Daneben laufen Vergleichsversuche von wurzelnackten und Fichtenballenpflanzen verschiedener Sortimente (vgl. BEDA 1965, ABETZ 1967, 1969).

Zum anderen ergab sich aus umfangreichen Untersuchungen über die Auswirkungen von Verschulweite und Düngung im Verschulbeet auf die morphologischen Eigenschaften des erzeugten Pflanzgutes die Forderung nach einer umfassenden Qualitätsbeurteilung der Forstpflanzen (SCHMIDT-VOGT 1966/I).

Die seit FLURY (1895) übliche Bewertung von Forstpflanzen allein nach der Sproßlänge erwies sich als nicht mehr ausreichend, ja in manchen Fällen als ausgesprochen falsch.

Die Notwendigkeit, für den gewerblichen Verkehr mit Forstpflanzen zwischen den Mitgliedsländern der EWG Vorschriften zur Marktordnung zu erlassen, hat die Bemühungen um die Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen beschleunigt (SCHMIDT-VOGT 1966/I).

Der Verfasser dieses Aufsatzes war von 1965 bis 1968 beim Waldbau-Institut der Universität Freiburg i. Br. mit der Anlage und Auswertung von Auspflanzungsversuchen mit morphologisch unterschiedlich aufgebauten Fichtenverschulpflanzen beschäftigt (SCHMIDT-VOGT u. GÜRTH 1969).

Aus diesen Arbeiten des Waldbau-Institutes heraus entstand zwangsläufig das Bedürfnis, die pflanzenphysiologischen Vorgänge, die dem unterschiedlichen Kulturerfolg bei Pflanzen von unterschiedlicher Qualität zugrunde liegen, zu untersuchen.

Dies erfolgte im Rahmen einer Dissertation, über deren Ergebnisse demnächst in dieser Zeitschrift berichtet werden soll. Zunächst bestand jedoch die Aufgabe, die in der waldbaulichen und forstbotanischen Literatur weit verstreuten Untersuchungen und Beobachtungen über den Zusammenhang von Pflanzeneigenschaften und Kulturerfolg einerseits und die pflanzenphysiologischen Grundlagen des Kulturerfolges andererseits zu sammeln.

## 2 Literaturübersicht

Der waldbauliche Erfolg einer Forstkultur wird anhand des Ausfallprozentes und des Zuwachses an Sproßhöhe und Sproßdurchmesser bis zum Eintritt des Dickungsschlusses beurteilt. Dazu tritt noch die gutächtliche Ansprache des Zustandes und der Entwicklungsaussichten des Jungwuchses. RUPF (1948, 1949) hat nachdrücklich darauf hingewiesen, daß die Zahl der überlebenden Pflanzen allein kein Maßstab für den Kulturerfolg sein kann. Jahrelang im Wuchs stockende Kulturen als Folge von Kunstfehlern bei der Begründung der Kultur belasten den Forstbetrieb kostenmäßig u. U. wesentlich stärker als die Notwendigkeit einer Wiederholung der Kultur.

Die auf den Kulturerfolg einwirkenden Faktoren lassen sich drei Bereichen zuordnen:

a) den Eigenschaften des Pflanzmaterials;
b) dem Bereich der Kulturtechnik (vorbereitende Arbeiten, Pflanzverfahren und Zeitpunkt der Pflanzung);
c) den Umweltfaktoren (Standort und Witterung).

Es ist zweckmäßig, bei den Beziehungen zwischen Pflanzeneigenschaften und Kulturerfolg die

a) morphologischen und
b) physiologischen Pflanzeneigenschaften

zu unterscheiden.

Die beiden Gruppen von Pflanzeneigenschaften können sich gegenseitig bedingen oder beeinflussen.

### 2.1 *Morphologische Eigenschaften der Forstpflanzen und Kulturerfolg*

Zu den morphologischen Eigenschaften der Forstpflanzen zählen ihr Alter, die Pflanzenart (Sämlinge oder Verschulpflanzen — bei letzteren wird weiter nach Zeitpunkt und Dauer der Verschulung unterschieden —, wurzelnackte oder Ballenpflanzen), die Sproßlänge und die Stufigkeit der Pflanzen.

Unter stufigen Forstpflanzen versteht GUTSCHICK (in LOYCKE 1963/I) solche, bei denen die Verzweigung des Sprosses zur Sproßlänge und die oberirdische Nadelmasse zur Wurzelmasse in harmonischem Verhältnis steht. Zur Kennzeichnung der Stufigkeit dient das Gewichtsverhältnis von Sproß und Wurzel (in der angloamerikanischen Fachliteratur "root-shoot ratio") oder die Beziehung zwischen dem Durchmesser der Sproßachse und der Sproßlänge (SCHMIDT-VOGT 1966/I).

NANSON (1967 — unveröffentlicht) hat zahlreiche Ergebnisse von Untersuchungen über den Einfluß der morphologischen Eigenschaften der Forstpflanzen auf den Kulturerfolg, die sich auf die verschiedensten Baumarten in allen Klimazonen der Erde erstrecken, zusammengestellt. In dieser Literaturübersicht referiert NANSON auch ausführlich die vor über 40 Jahren begonnenen, sehr zahlreichen Untersuchungen an Pinus-Arten im Süden der Vereinigten Staaten (WAKELEY 1954, 1967). Für die Fichte haben

Møller (1960, für Skandinavien) und Schmidt-Vogt (1966/I) bzw. Schmidt-Vogt und Gürth (1967/I) die Ergebnisse von einschlägigen Auspflanzungsversuchen — die oft in erster Linie forstgenetischen Fragestellungen gewidmet waren — gesammelt. Abetz (1967, 1969) hat eingehende Darstellungen der Literatur und erste eigene Versuchsergebnisse über Vergleichsanbauten von wurzelnackten und Ballenpflanzen verschiedener Sortimente, besonders bei Fichte, veröffentlicht.

### 2.11 Sproßlänge und Kulturerfolg

Der Einfluß der Sproßlänge auf das *Anwuchsprozent* ist je nach Baumart und Umweltverhältnissen sehr unterschiedlich. Im großen und ganzen stellt Nanson als Ergebnis der Untersuchungen mit verschiedensten Baumarten auf der ganzen Welt eine Überlegenheit der als groß ausgeschiedenen Pflanzen fest.

Bei der Fichte interessiert vor allem, ob ausgesprochene Großpflanzen von über 70 cm Sproßlänge eine höhere Mortalität nach der Auspflanzung als mittlere und kleine Pflanzen aufweisen.

Über besonders hohe Ausfälle an Fi-Großpflanzen berichteten Hesmer und Günther (1962) nach dem Trockenjahr 1959, Schmidt-Vogt (1965) nach dem ebenfalls sehr trockenen Sommer 1964 und Gutschick (1967, 1968).

Nach Reissinger (1963, 1964, 1965), Geiger (1964), einer Untersuchung aus der DDR (Anonymus 1968) und einer großangelegten Versuchsreihe des Waldbau-Institutes der Universität Freiburg i. Br., über deren erste Ergebnisse Schmidt-Vogt und Gürth (1967/I, 1969) berichteten, waren die Ausfälle an Fichten-Großpflanzen nur gleich hoch oder sogar geringer als bei den mit ihnen verglichenen Pflanzen von geringerer Sproßlänge. In unseren eigenen Auspflanzungsversuchen zeigten die Fichten-Großpflanzen zwar eine größere Anfälligkeit gegen Frischeverluste auf dem Transport und bei der Pflanzung. Die hierdurch bedingten Ausfälle wurden jedoch durch die Ausfälle an kleinen Pflanzen übertroffen, die der Konkurrenz verdämmender Gräser und Sträucher zuzuschreiben waren.

Der *Höhenzuwachs* der Forstpflanzen im unmittelbaren Anschluß an die Verpflanzung in das Freiland ist in der Regel geringer als der Höhenzuwachs des letzten in der Pflanzschule verbrachten Jahres. Der Waldbauer spricht vom „Verpflanzungsschock". (Bühler 1922, Mullin 1963 "planting-check").

Schmidt-Vogt (1966/I) hat auf Grund von verschiedenen fremden Versuchsergebnissen (Cieslar 1907, Strehlke 1939, Münch 1949, Rohmeder 1960) und auf Grund der Ergebnisse eines eigenen, 1959 begonnenen Versuches festgestellt, daß der Verpflanzungsschock in den beiden unmittelbar auf die Auspflanzung folgenden Jahre bei den als groß aussortierten Fichten stärker war als bei den Sortierungen mit geringerer Sproßlänge. Der heftigere Verpflanzungsschock bei den großen Pflanzen äußerte sich in einem geringeren relativen, gelegentlich auch in einem geringeren absoluten Höhenzuwachs als bei den kleineren Versuchspflanzen. Die ursprünglichen Unterschiede in der Sproßlänge blieben jedoch in jedem Fall erhalten.

Ab dem dritten Wuchsjahr trat die ursprüngliche Überlegenheit der großen Sortierung im Höhenzuwachs wieder in Erscheinung und war bis zum 11. Wuchsjahr (Cieslar) bzw. bis zum 29. Wuchsjahr (Rohmeder) zu erkennen. In dem Versuch von Rohmeder (nach Melzer 1967) ergab sich beispielsweise beim Höhenzuwachs eine durchdnittliche Zuwachsüberlegenheit der großen Sortierung von bis zu 20% im Dickungs- und bis zu 10% im Stangenholzalter. Da sich beim Durchmesserzuwachs eine ähnliche Überlegenheit zeigte, kann eine Gesamtleistungsdifferenz von bis zu 20% angenommen werden, die ausschließlich auf der Auslese großer Pflanzen im Verschulbeet beruht. Die Überlegenheit der als groß ausgelesenen Pflanzen nach Überwindung des Verpflanzungsschocks wird durch die Ergebnisse weiterer Versuche (Heikinheimo 1949, Nielsen 1957, Petračić 1957 sowie Møller 1960) bekräftigt, und zwar auch hier prinzipiell unabhängig davon, ob es sich um genetisch einheitliches Versuchsmaterial handelte oder nicht.

Die für die aufgeführten Versuchspflanzen aussortierten großen Fichten erreichten jedoch nicht die Sproßlängen der von Reissinger propagierten Fichtengroßpflanzen.

Über das Zuwachsverhalten von Fichtengroßpflanzen liegen folgende Angaben vor.

Reissinger selbst (1963, 1964, 1965) berichtet, er hätte bei 500 000 seit 1961 in seinem Forstbezirk Seeshaupt verwendeten Fichtengroßpflanzen von 70 - 90 / i. D. 80 cm Sproßlänge in keinem Fall geringere Trieblängen, geringere Nadellängen oder eine ungünstigere Nadelverfärbung gegenüber Pflanzen mittlerer Größe beobachtet. Ähnlich wie Reissinger fand auch Sieder (1967) keinen stärkeren Verpflanzungsschock bei den Fichtengroßpflanzen als bei Pflanzen von mittlerer Sproßlänge.

Gutschick (1967, 1968) berichtet von einem zwei Jahre dauernden besonders heftigen Verpflanzungsschock und von einer erhöhten Anfälligkeit gegen schädliche Einflüsse aller Art bei Fichtengroßpflanzen aus einem Verschulverband von 7,5 - 10 x 20 cm.

In dem bereits erwähnten Versuch des Waldbau-Instituts der Universität Freiburg war der Höhenzuwachs der ebenfalls aus engem Verschulverband stammenden Fichtengroßpflanzen in den 2 bis 3 auf die Verpflanzung folgenden Jahren relativ und absolut geringer als der der mittleren und kleinen Sortierung. Dauer und Ausmaß des Verpflanzungsschocks auf den 15 einzelnen Versuchsflächen wichen je nach den klimatischen und Bodenverhältnissen erheblich voneinander ab (Schmidt-Vogt u. Gürth 1969).

### 2.12 Stufigkeit der Forstpflanzen und Kulturerfolg

In Großbritannien (Edwards u. Holmes 1951), den USA (Engstrom u. Stoeckeler 1941, Wakeley 1954) und in der UdSSR (Isacenko 1941 und Junicki 1941) zeigte sich bei der versuchsweisen Auspflanzung von Pflanzen verschiedener Baumarten, daß das *Ausfallprozent* enger mit der Stärke der Sproßachse im Verhältnis zur Sproßlänge als mit der Sproßlänge selbst zusammenhing.

Bei der Fichte haben Fabricius (1931) und Strehlke (1939) nach dem Pflanzengewicht sortierte Versuchspflanzen auf ihren *Höhenzuwachs* nach der Verpflanzung untersucht. Sie erhielten zur Sortierung nach der Sproßlänge gleichlaufende Ergebnisse, da die Versuchspflanzen in einheitlichem Standraum erzogen worden waren. Olberg (1933) fand bei einem Sortierungsversuch mit 1jährigen Kiefernsämlingen in einem Fall ein hiervon abweichendes Ergebnis. Es handelte sich um Pflanzen mit extrem hohem Feinwurzelanteil.

Schmidt-Vogt (1965, 1966/I) verwendete in dem bereits erwähnten Auspflanzungsversuch aus dem Jahre 1959 2 + 2jährige Fichtenverschulpflanzen, die auf Grund der Anzucht in unterschiedlichen Verschulverbänden und verschieden starker Düngergaben in der Pflanzschule sich bei gleicher Sproßlänge im Durchmesser der Sproßachse, gemessen am Wurzelhals, erheblich unterschieden. Die oben erwähnte starke Depression des Höhenzuwachses im ersten Wuchsjahr bei den als groß aussortierten Pflanzen beschränkte sich auf die großen Pflanzen mit schwachem Sproßdurchmesser. Die großen Pflanzen mit starker Sproßachse waren der kleinen Sortierung im Höhenzuwachs dagegen überlegen. Innerhalb aller Größenklassen eilten die starken Pflanzen den schwachen Pflanzen ab dem 3. Wuchsjahr im Höhenwachstum voraus.

Van Goor (1966 — siehe auch Oldenkamp 1968 und Stichting Bosbouwproefstation „De Dorschkamp" 1966, 1967, unveröff.) hat bei Douglasienverschulpflanzen zeigen können, daß einem ungünstigen Verhältnis von Sproßlänge und Wurzelhalsdurchmesser des Sprosses ein geringerer Höhenzuwachs der Versuchspflanzen entsprach. In dem von Schmidt-Vogt und Gürth (1969) angelegten Auspflanzungsversuch mit Fichtenverschulpflanzen wurde dasselbe beobachtet. Von der Überlegenheit starker Douglasiensämlinge berichteten Smith und Walters (1965) aus Britisch-Kolumbien.

### 2.13 Beurteilung von Forstpflanzen nach ihren morphologischen Eigenschaften

Die im praktischen Kulturbetrieb schon seit langem bekannten Nachteile von Pflanzen geringer Stufigkeit haben zu mehreren Versuchen geführt, die Stufigkeit der Pflanzen in die Bewertung der Forstpflanzen einzubeziehen (Olberg 1933, Strehlke 1939 und in Hesmer 1950, Hilf in Hesmer 1949, Röhrig 1958). Die Vorschläge der genannten Autoren fanden jedoch keine praktische Anwendung. Bis heute werden die Forstpflanzen außer nach Pflanzenart und Alter ausschließlich nach der Sproßlänge bewertet, wie dies Flury 1895 vorschlug.

Schmidt-Vogt (1966/I) hat in einem umfangreichen Baumschulversuch nachgewiesen, daß es möglich ist, die Höhenentwicklung im Verschulbeet durch enge Verschulverbände oder hohe Stickstoffgaben einseitig zu fördern, während sich gleichzeitig die übrigen morphologischen Eigenschaften der betreffenden Forstpflanzen verschlechterten. Er hat daraufhin alle in Frage kommenden morphologischen Merkmale von Forstpflanzen auf ihre Eignung als Qualitätsmaßstab untersucht. Zwischen dem Sproßdurchmesser, gemessen am Wurzelhals, und dem Pflanzen-, Sproß- und Wurzelgewicht ließ sich eine enge Korrelation errechnen (Wielandt 1966, unveröff. Seminararbeit, vgl. auch Nather 1964). Schmidt-Vogt hat daher vorgeschlagen, zusätzlich zur Sproßlänge den zugehörigen Mindestdurchmesser der Sproßachse zur Gütebeurteilung von Forstpflanzen zu verwenden. Unterhalb dieser Qualitätsgrenze liegende Forstpflanzen werden als ungeeignet für die Auspflanzung in das Freiland betrachtet. Der Mindestsproßdurchmesser am Wurzelhals für eine gegebene Sproßlänge läßt sich nach der Formel:

$$d_{min}\ [mm] = L\ [cm] \times R + Z$$

bestimmen.

R bedeutet einen nach Baumartengruppen unterschiedlichen Reduktionsfaktor. Der Reduktionsfaktor bringt die jeweilige Relation von Sproßlängen- und Durchmesserentwicklung zum Ausdruck. Er beträgt für 3- und 4jährige Fichtenverschulpflanzen 0,1. Z ist eine Zuschlagszahl, die die zunächst empirisch festgelegten Qualitätsanforderungen ausdrückt. Z beträgt für 3- und 4j. Fichtenverschulpflanzen 1,0.

Der Mindestwurzelhalsdurchmesser einer 4jährigen Fichtenverschulpflanze von 50 cm Sproßlänge beträgt demnach:

$$d_{min} = 50 \times 0{,}1 + 1{,}0 = 6{,}0\ [mm].$$

Das Vorgehen von Schmidt-Vogt zur Gütebeurteilung von Forstpflanzen bildet die Grundlage der Qualitätsnormen, welche für den gewerbsmäßigen Verkehr mit Forstpflanzen innerhalb der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft erarbeitet wurden.

Zahlreiche Institutionen und Autoren haben sich ebenfalls für den Sproßdurchmesser am Wurzelhals als zusätzlichem Qualitätsmaßstab zur Sproßlänge entschieden (vgl. Schmidt-Vogt 1966/I). Lediglich Aksoy (1965, Aksoy und Weber 1966/I u. II) möchte an der Verwendung von Pflanzen- bzw. Wurzelgewichten festhalten. Der Beurteilung von Forstpflanzen nach Gewichtswerten dürfte jedoch entgegenstehen, daß die Gewichtsbestimmung im praktischen Baumschulbetrieb schwieriger durchzuführen ist als die Messung von Sproßlänge und Sproßdurchmesser. Außerdem werden die untersuchten Pflanzen durch die Teilung in Sproß und Wurzel vernichtet.

Gelegentlich ist angezweifelt worden, ob mit dem Sproßdurchmesser die Feinwurzelverhältnisse der einzelnen Pflanzen genügend genau wiedergegeben werden. Für das Feinwurzelgewicht ist die Angabe von Trockengewichtswerten erforderlich (Schmidt-Vogt 1966/I), was in der Praxis eine erhebliche Erschwerung bedeutet. Austin (1965) empfiehlt die Messung von Wurzellänge und Wurzelvolumen. Ingestad (1963) verwendet neben dem Wurzelgewicht und dem Wurzelsproßquotient als Maß des Verzweigungsgrades der Wurzel das Wurzelquerschnittsgewicht in mg/mm. Schreiber und Hesselink (beide 1926) teilten die gesamte Wurzellänge durch die Zahl der Wurzelspitzen und nannten diesen Ausdruck „Wurzelquotient".

Abgesehen von der Frage der praktischen Anwendbarkeit sagen auch diese Angaben noch nichts über die Funktionsfähigkeit der Wurzeln nach der Verpflanzung aus. Nach Björkmann (1953, 1956) sollte die Beurteilung des Wurzelsystems von Forstpflanzen vor allem die Zahl der Wurzelpunkte erfassen, aus denen sich neue Wurzeln bilden können. Weiter sei die Mykorrhizafrequenz ein zuverlässiges Symptom für die Entwicklungspotenzen nach der Pflanzung.

### 2.2 *Physiologische Eigenschaften der Forstpflanzen und Kulturerfolg*

Hier sollen ausschließlich diejenigen physiologischen Pflanzeneigenschaften besprochen werden, die im Rahmen der Anzucht und Behandlung von Forstpflanzen günstig oder ungünstig beeinflußt werden können. Selbstverständlich spielen die *ausschließlich* herkunftsbedingten Eigenschaften der Forstpflanzen ebenfalls eine hervorragende Rolle für den Kulturerfolg.

Die Beurteilung von Forstpflanzen nach ihren physiologischen Eigenschaften wurde als ebenso wichtig wie ihre Beurteilung nach morphologischen Gesichtspunkten erkannt. Sie ist jedoch in der Anzucht von Forstpflanzen für die Verwendung im praktischen Forstbetrieb mangels geeigneter Vorschläge noch nirgends eingeführt (Wilde u. a. 1952, Räsänen 1966, Schmidt-Vogt 1966/I).

Neben dem Gesundheitszustand der Forstpflanzen wirken sich vor allem ihr Ernährungszustand, ihr Entwicklungszustand und ihr Frischezustand auf den Kulturerfolg aus.

Zur Kennzeichnung des *Ernährungszustandes* der Forstpflanzen können die Nährelementkonzentrationen in den Nadeln, evtl. auch die Reservestoffgehalte der Pflanzen herangezogen werden.

Über den Einfluß unterschiedlicher Düngungsmaßnahmen in der Baumschule auf den Kulturerfolg von Forstpflanzen haben z. B. Anderson u. Gessel (1966), F. Hoffmann (1966 — Sammelreferat), Schmidt-Vogt (1966/I) und Stichting usw. (1966, 1967 — unveröff.) gearbeitet.

Ein wesentlicher Faktor für den Anwuchserfolg einer Forstkultur ist die Dürreresistenz der Pflanzen in Abhängigkeit von ihrem jeweiligen *Entwicklungszustand*. Tranquillini (1965) und Tranquillini und Unterholzner (1968) erhielten durch Anzucht in verschieden hoch gelegenen Pflanzgärten an einem bestimmten Aushebetermin Zirben und eur. Lärchen in unterschiedlichem Entwicklungszustand. Diese Pflanzen wurden eingetopft, in einer Klimakammer ausgetrocknet und anschließend ins Freiland verpflanzt. Die Dürreresistenz der Pflanzen zeigte eine klare Abhängigkeit vom Entwicklungszustand derselben. Ähnliche Erfahrungen wurden bei der Untersuchung der Frostresistenz gemacht (Tranquillini 1958).

Wilde u. a. (1952) haben die Dürreresistenz ihrer Versuchspflanzen auf Grund des Verhältnisses von Absorptionsfähigkeit

der Wurzeln zur Transpiration beurteilt. Zur Feststellung der Absorptionsfähigkeit benutzten sie eine Titrationsmethode.

IVANOV (1953) bestimmte ebenfalls die absorbierende Wurzeloberfläche.

Für das Anwachsen von Forstpflanzen im Freiland ist die Reproduktionsfähigkeit der Wurzeln von großer Bedeutung. Hierunter wird die Befähigung der Pflanzen verstanden, durch Wiederaufnahme des Wurzelwachstums und Bildung neuer Seitenwurzeln rasch den Kontakt mit dem Boden am neuen Wachstumsort herzustellen und Wurzelverluste beim Ausheben und bei der Pflanzung selbst zu ersetzen. KRUGMANN, STONE u. a. (1962, 1965, 1966) sprechen vom "root regenerating potential (RRP)". Als Maß für das RRP benutzen sie die Zahl alter und neuer Wurzeln, die innerhalb eines Monats nach der Verpflanzung unter standdardisierten Bedingungen im Gewächshaus einen bestimmten Längenzuwachs erreichten; beim $RRP_{0,5}$ beispielsweise einen Längenzuwachs von über 0,5 inches.

STONE u. SCHUBERT (1959), STONE, JENKINSON u. KRUGMANN (1962), KRUGMANN, STONE u. BEGA (1965) und andere Autoren (SIMON 1961, WINJUM 1963, LAVENDER 1964, ALDHOUS 1966) haben die Reproduktionsfähigkeit der Wurzeln in Abhängigkeit vom Termin des Aushebens in der Pflanzschule und der Dauer der Lagerung der Pflanzen im Kühlhaus oder in Plastikumhüllung untersucht. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich der große Einfluß des Entwicklungszustandes der Pflanzen auf die Reproduktionsfähigkeit der Wurzeln. Dementsprechend erwies sich auch in mitteleuropäischen Untersuchungen (SCHMIDT-VOGT 1964/I u. II, Stichting usw. 1968 — unveröff., OLDENKAMP 1969), daß der Kulturerfolg mit im Kühlhaus gelagerten Pflanzen nach dem Zeitpunkt und der Dauer der Einlagerung verschieden ist.

Jedem praktischen Forstmann ist der entscheidende Einfluß des Frischezustandes der Forstpflanzen auf den Kulturerfolg bekannt. Beim Ausheben, Sortieren, Transportieren und der Pflanzung bedürfen die Pflanzenwurzeln sorgfältigen Schutzes gegen Austrocknung.

Um den Einfluß des Frischezustandes der Pflanzen auf den Kulturerfolg zu untersuchen, wurden in zahlreichen Versuchen die Wurzeln der Versuchspflanzen absichtlich verschieden lange ausgetrocknet und die Versuchspflanzen dann ausgepflanzt. Die Ergebnisse solcher Austrocknungsversuche wurden von HERMANN (1967), MULLIN (1967) und für die Fichte von SCHMIDT-VOGT und GÜRTH (1967/II) zusammengestellt. Der prozentuale Anwuchserfolg ist von der Zeitdauer der Austrocknung abhängig. Der Anwuchserfolg bei gleicher Dauer der Austrocknung schwankt bei den einzelnen Versuchen mit Fichtenpflanzen (BÜHLER 1922, CHARBULA 1932, PETRAČIĆ 1937, RUPF 1948, 1949, HEDEMANN-GADE 1960, LABER 1963 und DIMPFLMEIER 1969) stark infolge der unterschiedlichen Versuchsbedingungen.

RUPF hat auch den Einfluß der verschiedenen langen Austrocknung der Wurzeln auf den Höhenzuwachs der Versuchspflanzen mehrere Jahre lang gemessen.

Austrocknungsversuche an Forstpflanzen von verschiedener Größe und Stufigkeit wurden nur selten, z. B. von WAKELEY (1954), durchgeführt. WAKELEY fand Unterschiede in der Toleranz gegen das Austrocknen der Wurzeln je nach den morphologischen Eigenschaften der Versuchspflanzen.

LABER, der seine Untersuchungen an Fichtensämlingen und Fichtenverschulpflanzen durchführte, hat die Wassergehalte einzelner Pflanzenteile vor und nach der Austrocknung bestimmt. Er fand einen klaren Zusammenhang zwischen der Zeitdauer der Austrocknung, den Wassergehalten nach der Austrocknung und dem Anwuchsprozent der Verschulpflanzen. LABER hat deshalb vorgeschlagen, durch systematische Austrocknungsversuche brauchbare „Wertreihen" zu ermitteln, die die physiologische Beurteilung von Forstpflanzen nach ihrem Wassergehalt ermöglichen. Zu diesem Vorschlag ist jedoch auf Grund der Untersuchungen von HEDEMANN-GADE, HERMANN und MULLIN eine wesentliche Einschränkung zu machen.

HERMANN untersuchte an Douglasiensämlingen die Auswirkung verschieden langer Austrocknungszeiten auf das Anwuchsprozent, das Austreiben, den Höhenzuwachs, Nadellänge und -gewicht sowie auf das Pflanzengewicht nach Abschluß der ersten Vegetationsperiode. Er verwendete Versuchspflanzen, die zu verschiedenen Zeitpunkten ausgehoben und verschieden lange in Polyäthylensäcken gelagert worden waren. Er stellte fest, daß die Toleranz der Douglasiensämlinge gegen die Austrocknung nicht nur von der Dauer derselben, sondern auch von dem Entwicklungszustand der Pflanzen und den Umweltbedingungen nach der Verpflanzung abhing.

In Bezug auf die ebenfalls gemessenen Wassergehalte vor und nach dem Austrocknen schreibt HERMANN:

„Das Fehlen jeder konstanten Beziehung zwischen dem Wassergehalt vor und nach der Austrocknung zeigt an, daß die Bestimmung des Wasserverlustes zur Vorhersage des Schadens durch die Austrocknung ungeeignet ist ... Eher ist der Umfang des Wasserverlustes, welcher schädlich ist, veränderlich, je nach dem physiologischen Zustand des Sämlings."

SCHMIDT-VOGT und GÜRTH (1967/II) haben weiterhin gezeigt, daß der Wassergehalt ausgetrockneter Fichtenverschulpflanzen durch Wässern nach der Austrocknung wieder auf den Stand vor dem Austrocknen gebracht werden kann, ohne daß die physiologische Schädigung der Pflanze dadurch behoben würde.

### 2.3 *Pflanzenphysiologische Grundlagen des Kulturerfolges*

Zur Einführung in die pflanzenphysiologischen und -anatomischen Fragen wurden folgende Werke benutzt:

BÜSGEN u. MÜNCH (1927), RUHLAND (Hrsg.): Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. III: Pflanze und Wasser, red. von O. STOCKER (1956), LUNDEGHÄRD (1957) THIMANN (Hrsg., 1958), KRAMER u. KOZLOWSKI (1960), WALTER (1960), KOZLOWSKI (Hrsg., 1962), BRAUN (1963), JAMES (1965), WAREING (Hrsg., 1966), LYR, POLSTER u. FIEDLER (1967).

### 2.31 Die kritische Anwuchsphase

Die kritische Anwuchsphase nach der Verpflanzung von Forstpflanzen aus der Anzuchtstätte in das Freiland ist gekennzeichnet durch die Gefahr des Vertrocknens der Pflanzen. Diese Gefahr wird durch „übermäßige Wasserabgabe durch die Transpiration, bevor eine funktionsfähige absorbierende Oberfläche (des Wurzelsystems) entwickelt ist", hervorgerufen (KRAMER u. KOZLOWSKI 1960). Mit anderen Worten: Die Wasserabgabe übersteigt die Wasseraufnahme, die Wasserbilanz der Pflanze wird negativ.

Folgen einer negativen Wasserbilanz von Forstpflanzen nach der Verpflanzung können sein:

a) *Absterben der Pflanzen,*
b) *teilweises Absterben der Pflanzen,* vor allem des jüngsten Triebes (LYR, POLSTER u. FIEDLER 1967, S. 247). Dies ist ein Zeichen für die Konkurrenz einzelner Pflanzenteile um die Wassernachlieferung.
c) *Verzögerung der Wurzelentwicklung* (MULLIN 1963).
d) *Ausbleiben oder Verzögerung des Knospenaustriebs* (S. WATANABE 1958/II u. III, MULLIN 1963), Verkrüppeln der Pflanzen (W. SCHMIDT 1940), Störung des Verhältnisses von Wurzelentwicklung und Knospenaustrieb (MULLIN 1963),
e) *Hemmung des Wachstums* infolge ungenügender Wasserversor-

gung der Wachstumsregionen und infolge des Einflusses von Wassermangel auf die übrigen Stoffwechselvorgänge — besonders Assimilation bzw. Nettoproduktion, Stickstoffhaushalt (MULLIN 1963) und Nährsalzaufnahme (HUBER 1957, RUTTER in WAREING 1966). Es kommt zu dem charakteristischen, u. U. über mehrere Jahre wirkenden *Verpflanzungsschock*.

f) Veränderungen in der Längenentwicklung und Ausdifferenzierung der Zellen, veränderte Ausbildung der Gewebe und Organe = *Xeromorphie*.

Die Ermittlung des kritischen Wassergehaltes, d. h. des Wassergehaltes, dessen Unterschreitung zu Trockenschäden führt, ist bei den Koniferen dadurch sehr erschwert, daß ihre weitgehend lignifizierten Nadeln und Triebe Welkeerscheinungen äußerlich nur ausnahmsweise erkennen lassen (HERMANN 1967, LYR, POLSTER u. FIEDLER 1967, S. 185, TRANQUILLINI und UNTERHOLZNER 1968).

Der kritische Wassergehalt der Nadeln ist außer von der Baumart von der Herkunft (SCHREIBER 1960, 1961, KRAL 1961, 1962, 1965, SCHREIBER u. KRAL 1963), vom Alter und Entwicklungszustand der Nadeln (TRANQUILLINI 1965), ihrem Nährstoffgehalt (KRAL 1961) und ihrem Licht- bzw. Schattencharakter (KRAL 1963) abhängig.

Zur Vermeidung einer negativen Wasserbilanz sind (teilweise nach LYR, POLSTER u. FIEDLER 1967) folgende Umstände von Bedeutung:

a) Minderung der Wasserverluste: stomatäre Einschränkung der Transpiration, geringe cuticuläre Transpiration (SATOO 1956), geringe transpirierende Oberfläche, geringe art- bzw. herkunftsspezifische Transpirationsrate und morphologische Schutzeinrichtungen.

b) Hohe Wasseraufnahme: Ausbildung des Wurzelsystems, Regenerationsfähigkeit der Wurzeln, u. U. Wasserabsorption aus der Luft (GESSNER in RUHLAND 1956, STONE in THIMANN 1958).

c) Effektivität der Wasserleitung in Abhängigkeit von Ausbildung (BRAUN (1963) und Querschnittsfläche (WALTER 1960) des Gefäßsystems.

d) Wasserspeicherung: LYR, POLSTER u. FIEDLER (1967, S. 148) halten es für gegeben, daß das Wasser führende Stamm-, Ast- und Grobwurzelsystem vorübergehende Unter- und Überbilanzen an Wasser ausgleichen kann.

Aus den Verhältnissen in der kritischen Anwuchsphase wird die Berechtigung abgeleitet, Wurzelentwicklung und Wasserhaushalt der Forstpflanzen nach der Verpflanzung als Grundlagen des Kulturerfolges bevorzugt zu untersuchen. Dadurch soll die Bedeutung von Assimilation, Atmung, Nettoproduktion, Reservestoffhaltung, Nährstoffhaushalt und evtl. von hormonalen Prozessen für den Kulturerfolg nicht negiert werden.

### 2.32 Die Wurzelentwicklung nach der Verpflanzung

Über Wurzeluntersuchungen an Forstpflanzen orientieren außer den bereits genannten Werken das Buch „Die Wurzeln der Waldbäume" von KÖSTLER, BRÜCKNER u. BIBELRIETHER (1968) und die Sammelreferate von G. HOFFMANN (1966/I) und RÖHRIG (1966).

Die Bedeutung eines genügend tiefen und reich verzweigten Wurzelsystems für das Überleben von Forstpflanzen in der kritischen Phase nach der Verpflanzung wird von zahlreichen Autoren hervorgehoben, z. B. von SCHOPMEYER (1939), SATOO (1956), KRAL (1961), WACHTER (1961) und K. HOFFMANN (1965). Ein solches Wurzelsystem der Forstpflanzen im Rahmen der genotypischen Veranlagung (MERGEN 1962) zu erziehen, ist Sinn zahlreicher Maßnahmen im Baumschulbetrieb (vgl. HOFFMANN 1966/I).

Beim Ausheben und der Verpflanzung wird das Wurzelsystem der Forstpflanzen nahezu immer mechanisch beschädigt und verkleinert (MACHARAČEK 1960, G. HOFFMANN 1966/I). Mangelnde Sorgfalt bei der Pflanzenbehandlung kann zum Verlust der Wasseraufnahme- und Reproduktionsfähigkeit der Wurzeln führen (RUPF 1948, 1949). Insbesondere die empfindlichen Wurzelspitzen vertrocknen sehr rasch (PARKER 1956, TARRANT 1964). MULLIN (1963) nimmt sogar an, daß dies auch bei noch so sorgfältigem Ausheben der Pflanzen stets der Fall sei. Die Wurzelentwicklung nach der Verpflanzung ist daher für den Kulturerfolg von großer Bedeutung.

Für die vorliegende Arbeit soll der Einfluß der Bodentemperatur und -feuchte, der übrigen Bodenverhältnisse und die umstrittene Frage des Einflusses verschiedener Pflanzverfahren und der Tiefe der Pflanzung (SUTTON 1967/I) auf die Wurzelentwicklung nach der Verpflanzung nur erwähnt werden.

Pflanzeneigene Faktoren, die auf die Wurzelentwicklung Einfluß haben, sind Art und Herkunft, die korrelativen Beziehungen von Sproß und Wurzeln (MELZER 1962), die Nährstoffversorgung der Wurzeln durch den Sproß und der Wuchsstoffhaushalt der Pflanze.

Von besonderem Interesse für die Wurzelentwicklung der Forstpflanzen nach der Verpflanzung ist die Periodizität des Wurzelwachstums (WAREING 1964, SATOO 1966 — cit. in SCHMIDT-VOGT 1966/III).

Die Periodizität des Wurzelwachstums ist entscheidend für die Wahl des Zeitpunkts der Pflanzung (CIESLAR 1892, BÜHLER 1895, vgl. auch HEID 1960 bei Douglasie).

Über Beginn (auch in Bezug auf den Beginn des Sproßwachstums), Dauer und periodisch wechselndes Ausmaß des Wurzelwachstums bestehen zahlreiche grundlegende Untersuchungen. Unbedingt zu erwähnen sind für die Fichte die Arbeiten von WIELER (1894), BÜSGEN (1901), ENGLER (1903), LADEFOGED (1939) und LEIBUNDGUT u. Mitarbeitern (1963). Ferner seien die Untersuchungen in der DDR (vgl. G. HOFFMANN 1966/I u. II, 1967) an verschiedenen Nadel- und Laubbaumarten und die bereits in anderem Zusammenhang erwähnten Untersuchungen in den USA (STONE 1959, STONE 1966 — cit. in SCHMIDT-VOGT 1966/III und die bei WAREING 1964 zitierten Arbeiten) genannt.

In den nordamerikanischen Untersuchungen an Pinus-Arten wurde nachgewiesen, daß das „Wurzelfassen" einer Forstkultur bei Verpflanzung im Frühjahr überwiegend durch das Längenwachstum einer im Vergleich zur Zahl der Wurzelspitzen verhältnismäßig geringen Zahl von Lang- oder „Triebwurzeln" erfolgt (BILAN 1962, MÜLDER, HALL u. SKOLMEN 1964).

Die Wurzelentwicklung nach der Verpflanzung kann außer durch wurzelpflegliche Anzuchtmethoden, zweckmäßiges Vorgehen bei der Pflanzenernte (Zeitpunkt des Aushebens, Dauer der Kühllagerung, sorgfältige Pflanzenbehandlung) und richtige Wahl des Pflanztermins noch durch besondere Maßnahmen gefördert werden.

Ein zweckentsprechend durchgeführter Wurzelschnitt vor der Pflanzung führt zu besonders zahlreicher Wundwurzelbildung an den Schnittstellen (LIESE 1926, 1929, R. HOFFMANN 1939).

Vor allem aus der UdSSR wird berichtet, daß sich ein längerer feuchter Einschlag auf der Kulturfläche vor der Pflanzung günstig auf den Kulturerfolg auswirkt. Die Wurzeln empfindlicher Pflanzen werden dabei im Einschlag „vorgetrieben" (SPIEGELHAUER 1959, MELZER 1963, GATHY 1964).

Die Behandlung der Pflanzenwurzeln mit Wuchsstoffen brachte hingegen bisher keine eindeutigen Erfolge (BILAN u. KEMP 1960, KRAMER u. KOZLOWSKI 1960, S. 362, MELCHIOR u. KNAPP 1962, ZAERR 1967).

In bestimmten Fällen kann die Impfung des Bodens mit Mykorrhizapilzen für den Kulturerfolg entscheidend sein (Literatur bei SCHMIDT-VOGT 1966/I).

Der Kausalzusammenhang zwischen Wurzelentwicklung und Kulturerfolg ist jedoch nicht unbestritten. In einer Arbeit aus den

USA wird berichtet, daß von der oberirdischen Entwicklung nicht ohne weiteres auf die Wurzelentwicklung geschlossen werden konnte. Das Fehlen neuer Wurzeln könnte daher nicht unbedingt als Ursache des Absterbens der Pflanzen betrachtet werden. Vielmehr war es u. U. umgekehrt, nämlich daß die Wurzeln sich nicht weiter entwickelt hätten, da die Pflanzen bereits aus anderen Gründen (mangelnde Trockenresistenz, ungünstiges ober- sowie unterirdisches Milieu) am Absterben gewesen wären (MÜLDER, TAPPEINER u. HANSEN 1964). STONE (1955) fand in einem Gewächshausversuch ebenfalls große individuelle Unterschiede in der Fähigkeit, neue Wurzeln zu bilden, ohne daß hierfür morphologische Kennzeichen oder physiologische Erklärungen festgestellt werden konnten.

Vergleichende Untersuchungen über Zahl und Wachstum der nach der Pflanzung neu entwickelten Wurzeln bei Forstpflanzen von unterschiedlicher Sproßlänge und Stufigkeit sind kaum durchgeführt worden. MÜLDER, TAPPEINER u. HANSEN (1964) verglichen kleine und große Sämlinge von Pinus ponderosa und fanden keine Unterschiede in der Wurzelentwicklung.

Über die Wurzelentwicklung ausgetrockneter im Vergleich zu frischen Wurzelsystemen hat S. WATANABE (1958/IV) berichtet.

### 2.33 Die Wasseraufnahme nach der Verpflanzung

Die Wasseraufnahme nach der Verpflanzung ist vom Umfang und der Funktionsfähigkeit des Wurzelsystems, von den Bodenwasser- und sonstigen Bodenverhältnissen und von der Hydratur der Pflanze abhängig. Mit der Transpiration besteht ein typischer Zusammenhang (vgl. den Tagesgang beider Vorgänge bei KRAMER 1937). Günstige Einflüsse bestimmter Pflanzverfahren werden angenommen (REISSINGER 1960, 1965), sind aber nicht durch vergleichende Untersuchungen belegt.

Untersuchungen über Beginn und Umfang der Wasseraufnahme nach der Verpflanzung sind nicht bekannt.

Für den Einfluß der morphologischen Pflanzeneigenschaften auf die Wasseraufnahme nach der Verpflanzung sind die Feststellungen von BIALOGLOWSKI (1936) und PARKER (1949) von Bedeutung. Beide Autoren fanden, daß ein enges Verhältnis von transpirierender Blattfläche zu wasseraufnehmender Wurzeloberfläche sich günstig auf die Wasseraufnahme auswirkte.

Untersuchungen über die Wasseraufnahme von Pflanzen, deren Wurzeln durch Austrocknung geschädigt waren, wurden nicht gefunden.

Zu denken gibt, daß in recht rigorosen Wurzelbeschneidungsversuchen (MÖLLER 1929, FOWELLS u. KIRK 1945, BJÖRKMANN 1953, SCHMIDT-VOGT u. GÜRTH 1967/II, SUTTON 1967/II), bei denen z. T. alle Kurzwurzeln und Wurzelspitzen entfernt worden waren, keineswegs ein 100prozentiges Absterben der Versuchspflanzen beobachtet wurde.

### 2.34 Die Transpiration nach der Verpflanzung

Über die Transpiration junger Nadelbäume in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen, Baumart und Herkunft, Alter und Entwicklungszustand, Aufbau der Nadeln (Licht- oder Schattennadeln), Insertion, Exposition und Orientierung der Nadeln zum Licht unterrichten außer den bereits genannten Werken u. a. folgende Arbeiten: STÅLFELT 1928, OELKERS 1940, EIDMANN 1943, EIDMANN u. SCHWENKE 1967, POLSTER 1950, PISEK u. TRANQUILLINI 1951, KOCH 1957, RUTTER u. SANDS 1958, KRAL 1962, JARVIS u. JARVIS 1963, LADEFOGED 1963.

Seit langem ist bekannt, daß ungenügende Wasserversorgung der Nadeln zur Absenkung der Transpiration führt (STÅLFELT u. STOCKER in RUHLAND 1956). Gleichzeitig läßt die Geschwindigkeit der Wasserleitung im Sproß stark nach (BARNER 1952, M. KLEMM 1962).

Nadelbäume erweisen sich als besonders befähigt, schädliche Wasserdefizite durch Einschränkung der Transpiration zu verhindern, da

a) ihre Spaltöffnungen sich bereits im Bereich von 5 bis 16 % Wassersättigungsdefizit schließen (PISEK u. WINKLER 1953),
b) der Schließvorgang der Stomata bei ihnen schnell verläuft,
c) sie nur eine geringe cuticuläre Transpiration (nach PISEK u. CARTELLIERI 1939 $^1/_{30}$ - $^1/_{40}$ der stomatären Transpiration) besitzen.

WALTER (1960) ist der Meinung, daß die Nadelbäume die Einschränkung auf rein cuticuläre Transpiration etwa eine Woche lang aufrechterhalten können.

Die Einschränkung der Transpiration ist bei der Fichte geringer und erfolgt bei plötzlichem Wassermangel schwerfälliger als beispielsweise bei der Kiefer (JARVIS u. JARVIS 1963, EIDMANN u. SCHWENKE 1967). Die Produktivität der Transpiration, d. h. das Verhältnis von Nettoassimilation zu Transpiration (EIDMANN 1943, POLSTER 1950, KOCH 1957) sinkt bei Wassermangel bei der Fichte hingegen stärker als bei der Kiefer, da die Assimilation bei der Fichte besonders vom Verhalten der Stomata abhängig ist (STÅLFELT u. JOHANSSON 1928).

Die Einschränkung der stomatären Transpiration wird ferner durch die Herkunft (KRAL 1961, 1962, 1965), das Alter, den Entwicklungszustand und den Ernährungszustand (NEUWIRTH 1959, 1966, NEUWIRTH u. FRITZSCHE 1964) und Licht- bzw. Schattencharakter der Nadeln (KRAL 1963) sowie durch vorangegangene Austrocknung (POLSTER 1957, POLSTER u. REICHENBACH 1957) beeinflußt.

Untersuchungen über die Höhe der Transpiration von Forstpflanzen nach dem Verpflanzen finden sich nur ganz vereinzelt.

A. WATANABE (1956) fand bei gut bewässerten 2 Monate alten Sämlingen von Acacia decurrens var. mollissima im Glashaus nach der Verpflanzung eine Reduktion der Wasserabgabe auf 20 bis 40 % gegenüber nicht verpflanzten Kontrollpflanzen. Die Einschränkung der Transpiration war bei Pflanzen, deren Wurzeln stärker beschnitten worden waren, etwas größer. Mit dem Erscheinen neuer Wurzeltriebe nach 7 Tagen erreichten die Versuchspflanzen wieder die Transpirationsrate der Kontrollen.

S. WATANABE (1958/I) stellte einen entsprechenden Versuch mit einjährigen Sämlingen von Cinnamonum camphora SIEB. an. Die Transpiration nach der Verpflanzung sank auf etwa 15 % der nicht verpflanzten Kontrollen, erholte sich aber nach etwa 5 Tagen wieder, sofern die Pflanzen nicht welkten. Der Wassergehalt der Blätter sank gleichzeitig nur bei den gewelkten Pflanzen ab, und zwar auf 30 % des Wassergehaltes der Kontrollen.

JAROSLAVCEV (1956) untersuchte die Transpiration nach der Verpflanzung an sechs 6- bis 20jährigen Laubbäumen. Ihre Transpiration lag einige Wochen nach der Verpflanzung erheblich unter der der nicht verpflanzten Kontrollen. Bis zum Herbst waren die Unterschiede verschwunden.

Es sind zahlreiche Versuche unternommen worden, um die schädliche Transpiration nach der Verpflanzung durch Einkürzen des Sprosses, teilweises Entblättern bzw. Entnadeln (ALLEN 1955), durch Überziehen der Nadeln mit verdunstungshemmenden Substanzen und durch Behandlung mit Chemikalien, welche den Spaltöffnungsschluß fördern, zu vermindern (Literaturzusammenstellung bei KELLER 1966, ferner VON LEWINSKI 1967 u. DIMPFLMEIER 1969).

Durch gasanalytische Vergleichsmessungen konnte KELLER nachweisen, daß der transpirationshemmende Effekt bei den beiden zuletzt genannten Verfahren zwar mehr oder weniger gut erreicht

wurde. Gleichzeitig verschlechterte sich aber die Assimilationsleistung der Versuchspflanzen erheblich. Dies wirkte sich vor allem auf das Wachstum der Wurzeln nachteilig aus, wodurch die kritische Phase nach der Verpflanzung verlängert wurde.

Über den Einfluß der morphologischen Pflanzeneigenschaften auf die Transpiration orientieren die folgenden Versuche:

Parker (1949) erhielt bei Quercus rubra- und Pinus taeda-Sämlingen in feuchtem Boden eine steigende Transpirationsrate mit steigendem Verhältnis von Wurzeln zu Nadelfläche.

Fowells u. Kirk (1945) und Kausch u. Ehrig (1959) fanden dementsprechend ein Absinken der Transpiration, als sie einen Teil der Wurzeln ihrer Versuchspflanzen entfernten.

Weitere Versuche über den Einfluß von Sproßlänge, Stufigkeit oder Frischezustand von Forstpflanzen auf die Wasserabgabe nach der Verpflanzung sind nicht bekannt.

### 3 Zusammenfassung

Aus der bearbeiteten Literatur ergibt sich zusammenfassend folgendes:

a) Die Sproßlänge und die Stufigkeit der Forstpflanzen sind von großem Einfluß auf den Kulturerfolg. Ein praxisreifer Vorschlag zur umfassenden Pflanzenbewertung durch Angabe des Mindestdurchmessers der Sproßachse zusätzlich zur Sproßlänge ist vorhanden.

b) Die physiologischen Eigenschaften der Forstpflanzen sind von mindestens ebenso großer Bedeutung für den Kulturerfolg. Praxisreife Bewertungsmaßstäbe sind noch nicht vorhanden.

c) In der kritischen Anwuchsphase sind Wurzelentwicklung und Wasserhaushalt der Forstpflanzen entscheidend für Erfolg oder Mißerfolg der Kultur.

d) Spezielle Untersuchungen über Wurzelentwicklung, Wasseraufnahme, Wasserabgabe und Wasserbilanz von Forstpflanzen nach der Verpflanzung wurden trotz der elementaren praktischen Bedeutung der Bestandesbegründung durch Pflanzung nur in geringem Umfang angestellt.

e) Vergleichende Untersuchungen an Forstpflanzen von unterschiedlicher morphologischer und physiologischer Beschaffenheit fehlen nahezu völlig.


### Summary

Title of the paper: *Plants and Planting Success — a Literature Review.*

a) Shoot length and compactness strongly effect planting success. A practical valuation scheme by shoot length and diameter is proposed.

b) The equally important physiolocal conditions cannot yet be assessed by practicable means.

c) Root development and water balance determine the success of plantation to take.

d) Only little research has been done into factors relevant to (c), inspite of the fundamental importance of the problem.

e) Studies of performance by plants of different morphological and physiological condition are almost non-existent.

E. F. B.



### Résumé

Titre de l'article: *Plants forestiers et résultats des plantations — Revue bibliographique*

On peut tirer d'une étude bibliographique les résultats suivants:

a) la hauteur des plants et leur catégorie influencent considérablement le résultat des plantations. Un projet de portée pratique existe en vue d'estimer dans son ensemble la qualité des plants: en plus de la hauteur de la tige, on précise le diamètre minimal au collet.

b) les caractéristiques physiologiques des plants forestiers sont au moins aussi importantes en ce qui concerne la réussite des plantations; on ne dispose encore d'aucun critère applicable à la pratique pour la qualité physiologique.

c) pendant la période critique de la reprise, de développement des racines et la teneur en eau du plant constituent les deux facteurs qui conditionnent la réussite ou l'échec de la plantation.

d) les recherches spéciales portant sur la consommation d'eau, la transpiration, le développement des racines, l'absorption, et le bilan hydrique des plants forestiers après la mise en place sont peu développées malgré leur importance pratique pour la constitution artificielle de peuplements.

e) des études comparatives portant sur des plants forestiers ayant des caractéristiques morphologiques et physiologiques différentes manquent presque complétement.

J. M.


### Literatur

In dem folgenden Literaturverzeichnis sind aus Raumgründen nur die wichtigsten weiterführenden Bücher und Aufsätze enthalten. Ein ausführliches Literaturverzeichnis kann beim Waldbau-Institut der Universität, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17, bezogen werden.


Abetz, P.: Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung in Oberschwaben. Versuchsprogramm und erste Ergebnisse. AFJZ 140, 65 - 74, 1969. — Aksoy, H.: Untersuchungen zur Bewertung von Jungpflanzen verschiedener Nadelbaumarten. Diss., München, 1965. — Bühler, A.: Waldbau, II. Band, Stuttgart, 1922. — Büsgen, M., und Münch, E.: Bau und Leben unserer Waldbäume. 3. Aufl. Jena, 1927. — Dimpflmeier, R.: Agricol, ein neues Mittel, um Forstpflanzen bei der Lagerung und beim Transport frisch zu halten. Fwiss. Cbl. 88, 80 - 96, 1969. — Eidmann, F. E.: Untersuchungen über die Wurzelatmung und Transpiration unserer Hauptholzarten. Schriftenreihe d. Akademie d. dt. Forstwiss. Bd. 5, Berlin, 1943. — Eidmann, F. E., und Schwenke, H.-J.: Beiträge zur Stoffproduktion, Transpiration und Wurzelatmung einiger wichtiger Baumarten. Beihefte zum Fwiss. Cbl. Heft 23, Hamburg und Berlin, 1967. — Engler, A.: Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitt. d. Schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen Bd. 7, 246 - 317, 1903. — Goor van, C. P.: Eisen aan Naaldhoutsplantsoen te stellen en de Konsekwenties voor de Kweekmethoden. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 38, 20 - 28, 1966. — Gürth, P.: Wachstum und Wasserhaushalt von Fichtenverschulpflanzen unterschiedlicher Qualität nach der Verpflanzung in das Freiland. Diss., Freiburg i. Br., 1969. — Hermann, R. K.: Seasonal variation in sensitivity of douglas-fir seedlings to exposure of roots. Forest Science 13, 140 - 149, 1967. — Hesmer, H. (Hrsg.): Die Technik der Fichtenkultur. Hannover, 1950. — Hoffmann, F.: Die Bedeutung der Düngung in der Forstbaumschule für das Wachstum der Pflanzen in der Kultur (Sammelreferat). Soz. Forstwirtschaft 16, 147 - 149, 1966. — Hoffmann, G.: Auswertung von Wurzelwachstumsuntersuchungen für die praktische Behandlung von Forstbaumschulpflanzen (Sammelreferat). Soz. Forstwirtschaft 16, 143 - 147, 1966/I. — Keller, Th.: Über den Einfluß von transpirationshemmenden Chemikalien (Antitranspirantien) auf Transpiration, $CO_2$-Aufnahme und Wurzelwachstum von Jungfichten. Fwiss. Cbl. 85, 65 - 79, 1966. — Köstler, J. N., Brückner, E., u. Bibelriether, H.: Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg u. Berlin, 1968. — Kral, F.: Untersuchungen über den Nährstoffhaushalt von auf gleichem Standort erwachsenen Fichtenjungpflanzen in Abhängigkeit von ihrer Wuchsenergie und Herkunft. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 78, 18 - 38, 1961. — Kramer, P. J., u. Kozlowsky, T. T.: Physiology of trees. New York, Toronto, London, 1960. — Ladefoged, K.: Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. Det forstlige Forsogsvaesen i Danmark, Bd. XVI, Nr. 133, 1 - 256, 1939. — Leibundgut, H., Dafis, S., u. Richard, F.: Untersuchungen über das Wurzelwachstum verschiedener Baumarten. Schweiz. Zeitschr. Forstwesen 114, 621 - 646, 1963. — Loycke, H. J. (Hrsg.): Die Technik der Forstkultur. München, Basel, Wien, 1963/I. — Lyr, H., Polster, H., u. Fiedler, H.-J.: Gehölzphysiologie. Jena, 1967. — Møller, P.: Sortering af rodgrans planter. Dansk Skovf. Tidskr. 45, 225 - 234, 1960. — Mullin, R. E.: Planting Check in Spruce (Picea glauca). The Forestry Chronicle, 39, 252 - 259, 1963. — Nanson, A.: La sélection massale en pépinière. Station de Recherches des Eaux et Forêts. Groenendaal-Hoeilaart (Belgien). Unveröff., 1967. — Oldenkamp, L.: Houtteeltkundige grondslagen bij

toepassing van grotere plantafstanden bij naaldhout. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 40, 139-145, 1968. — POLSTER, H.: Die physiologischen Grundlagen der Stofferzeugung im Walde. Untersuchungen über Assimilation, Respiration u. Transpiration unserer Hauptholzarten. München, 1950. — REISSINGER, G.: Erfahrungen bei der Winkelpflanzung mit großen Pflanzen. Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden 14, 1623-1625, 1965. — RÖHRIG, E.: Die Wurzelentwicklung der Waldbäume in Abhängigkeit von den ökologischen Verhältnissen (Sammelreferat). Forstarchiv 37, 217-229, 237-249, 1966. — RUHLAND, W. (Hrsg.): Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. III: Pflanze und Wasser. Redigiert von O. STOCKER. Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1956. — RUPF, H.: Behandlung von Forstpflanzen, ein Beitrag zur Steigerung der Wuchsleistungen durch sorgfältige Pflanzenbehandlung. Forst und Holz 3, 153-154, 1948. — SATOO, T.: (Trockenresistenz einiger Koniferen im ersten Sommer nach ihrer Auspflanzung.) Japanisch, engl. Zsfg. Tokyo Univ. For. Bull. No. 51, 1-108, 1956. — SCHMIDT-VOGT, H.: Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. 2. erw. Aufl. von „Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen". München, Basel, Wien, 1966/I. — SCHMIDT-VOGT, H., u. GÜRTH, P.: Influence of plant size on survival and growth of young forest plantations. FAO World Symposium on Man-Made Forests and their Industrial Importance. Canberra, Australia, 14-24/4/1967 Documents. Vol. 3, 1615-1630, 1967/I. — Dies.: Die Bedeutung des Frischezustandes der Forstpflanzen für den Anwuchserfolg und das Jugendwachstum von Forstkulturen. Referate XIV. IUFRO-Kongreß München, Vol. IV, Sektion 23, 539-558, 1967/II. — Dies.: Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. I. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichten- und Kiefernpflanzen verschiedener Größen und Durchmesser. AFJZ 140, 132-141, 1969. — STONE, E. C., JENKINSON, J. L., u. KRUGMANN, S. L.: Root regenerating potential of douglas-fir seedlings lifted at different times of the year. Forest Science 8, 288-297, 1962. — TRANQUILLINI, W., u. UNTERHOLZNER, R.: Dürreresistenz und Auspflanzungserfolg von Junglärchen verschiedenen Entwicklungszustandes. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 85, 97-110, 1968. — WAKELEY, P. C.: Planting the southern pines. US Dept. Agric., Forest Service, Monograph No. 18, 1954. — WALTER, H.: Einführung in die Phytologie. III. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Teil: Standortslehre. 2. Aufl., Stuttgart, 1960. — WARDLE, P. A.: Practice and research in spacing, thinning and pruning. FAO World Symposium on Man-Made Forests and their Industrial Importance 14-24/4/1967, Canberra, Australia. Documents, Vol. 1, 295-320, 1967/II. — WAREING, P. F.: Tree physiology in relation to genetics and breeding (Sammelreferat). Unasylva 18, 73-74, 1964. — WATANABE, S.: [Waldbauliche Studien über den Kusubaum (Cinnamonum camphora SIEB.)] Japanisch, engl. Zsfg. Bull. Tokyo Univ. For., No. 54, 19-25, 31-36, 37-42, 43-49, 1958/I-IV.

# Zur Prognose des Schadens durch den Kiefernknospentriebwickler, Rhyacionia buoliana Den. u. Schiff. (Lep., Tortricidae)*

Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg/Br.

(Mit 2 Tabellen)

Von HERMANN BOGENSCHÜTZ

Biologie, Diagnose, Begrenzung der Schadgebiete und Bekämpfungsmöglichkeiten des Kiefernknospentriebwicklers, im folgenden KW abgekürzt, sind gut erforscht. Dennoch bietet dieser wichtige Schädling in Kiefernjungwüchsen der Forstschutzpraxis ungelöste Probleme: So gelang es bisher nicht, sein chronisches Schadauftreten durch chemische Bekämpfungen zu verhindern. Vielmehr waren die behandelten Bestände nur kurzfristig zu entlasten. Zudem herrscht große Unsicherheit bei der Prognose des durch den KW zu erwartenden Schadens. Diese beiden Unzulänglichkeiten sind m. E. die wesentlichen Gründe für die abwartende Haltung der zuständigen Dienststellen bei Massenvermehrungen des KW. In der vorliegenden Arbeit teilen wir Überlegungen und Ergebnisse mit, welche die Entscheidung über chemische Bekämpfungsaktionen erleichtern sollen. Entscheidungsgrundlage müssen lang- und kurzfristige Prognosen des späteren KW-Schadens sein.

## 1 Langfristige Vorhersage des Schadens

Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem KW-Fraß in Jungwüchsen und der Wertholzkapazität des Endbestandes? Diese wichtige Frage kann noch nicht eindeutig beantwortet werden. Einiges ist jedoch bekannt: OLBERG (1939) wies darauf hin, daß es in Kulturen mit starkem KW-Befall zu einer frühzeitigen Differenzierung im Höhenwuchs kommt. Dadurch wird die Anzahl der Protzen erhöht und Grobästigkeit gefördert. Schwerwiegender sind die wohlbekannten Stammdeformationen. CRAMER (1964) hat unter der Voraussetzung einer stets gleichbleibenden Befallshöhe und unter Berücksichtigung der Ertragsklasse die Anzahl ungeschädigter Kiefern pro ha für verschiedene Bestandesalter berechnet. Das Ergebnis lautet: „Ein jährlich 20%iger Befall läßt in keiner Ertragsklasse mehr einen befriedigenden Endbestand zu". MAKSIMOVIC und SCHINDLER (1969) sehen bereits einen Befall von 10% der Mitteltriebe durch Altraupen als kritisch an.

Diese Zahlenangaben beruhen auf Schätzungen oder Gedankenexperimenten. Exakte Ergebnisse sind schwer beizubringen, da zwischen dem wiederholten Schadfraß und der Möglichkeit, den Mangel an geradschäftigen Kiefern im Altbestand zu ermitteln, Jahrzehnte vergehen. Außerdem ist noch völlig unbekannt, ob und wieweit sich auf KW-Fraß zurückgehende Stammkrümmungen im Laufe der Jahre auswachsen. Es bleibt folglich unsicher, wann Bekämpfungsmaßnahmen gerechtfertigt sind. Der m. E. sehr niedrig angesetzte kritische Wert (10% Terminaltriebbefall) spiegelt diese Unsicherheit wieder.

In den Schadgebieten des KW wird häufig diese „kritische Zahl" mehrere Jahre lang überschritten. Doch auch dort muß gefordert werden, daß vor Durchführung chemischer Bekämpfungen die Unsicherheitsfaktoren, welche die Prognose der Populationsentwicklung des Schädlings birgt, weitgehend eingeschränkt werden. Dabei ist neben der gründlichen Ermittlung der Befallsdichte denjenigen Faktoren besondere Aufmerksamkeit zu schenken, welche die Schädlinge bis zum Schadfraß auf natürliche Weise dezimieren.

## 2 Kurzfristige Prognose der Populationsentwicklung

Der günstigste Termin zur Bekämpfung des KW liegt im zeitigen Frühjahr (SCHINDLER 1966). Im Spätsommer und Herbst miniert die junge Raupe zunächst in Nadeln, danach in Bei- und Seitenknospen. Hierdurch entsteht auch bei hoher Schädlingsdichte kein nennenswerter Schaden. Nach der Überwinterung in ausgehöhlten Knospen verlassen die Raupen ihre Verstecke. Nach kurzem Umherwandern bohren sie sich erneut in noch unbefallene Knospen ein. Der Nachwinterfraß beginnt meist in der 2. Märzhälfte. Vor dieser Zeit muß das Gift ausgebracht sein, denn es kann nur auf frei wandernde Raupen wirken.

Wo Maßnahmen gegen den KW erfolgen sollen, wird in der Regel vor der Jahreswende festgelegt, damit genügend Zeit für die Organisation bleibt. Bis zum Bekämpfungstermin im Frühjahr kann jedoch ein Mortalitätsfaktor wirksam werden, der die Schädlingspopulation unter die kritische Dichte senkt: der Frost. Er läßt sich nicht vorhersagen. Deshalb lassen sich endgültige Entscheidungen vor Abschluß des Winters nicht fällen. Sie wären mit einer zu großen Unsicherheit belastet. Außerdem wird die Sterblichkeit

*) Herrn Professor Dr. F. SCHWERDTFEGER, Göttingen, zum 65. Geburtstag gewidmet.

des Schädlings nach der Befallsermittlung und vor dem Schadfraß durch Parasiten erhöht. Die Größe dieses Faktors läßt sich bereits bei der Bestimmung der Schädlingsdichte feststellen.

2.1 *Sterblichkeit durch Frost*

Die Chance der KW-Raupen, den Winter zu überleben, sinkt mit der Tiefe und Dauer des Frostes. Aus den in Tab. 1 zusammengestellten Befunden geht hervor, daß unterhalb — 24° C die Population der Raupen bis auf einen geringen Rest (< 10 %) vernichtet wird.

Tab. 1

**Sterblichkeit der Raupen des Kiefernknospentriebwicklers in Abhängigkeit von der tiefsten Temperatur während der Überwinterung**

| Autor | Untersuchungsgebiet | Winter | Mortalität in % | Minimumtemp. in °C |
|---|---|---|---|---|
| Berger 1959 | Nordbaden | 1955/56 | 90 | — 24 |
| Juillet 1960 | Ontario | | | |
| | (Kanada) | 1958/59 | 95 | — 26 |
| Sierpinski 1965 | Zentral- u. | | | |
| | Ostpolen | 1962/63 | fast 100 | >— 30 |
| | Küstenregion | 1962/63 | 60 | <— 20 |
| Bednyi 1965 | UdSSR | 1962/63 | hoch | — 27 |
| Bogenschütz (unveröffentl.) | Südbaden | 1965/66 | 63 | — 23 |

Die Sterblichkeit durch Frost wird außerdem von der Höhe der Schneedecke beeinflußt. Bei einer Lufttemperatur von — 26° C betrug die Mortalität der Raupen, die in Knospen an schneebedeckten Zweigen überwinterten 26 %, im oberen Kronenbereich jedoch 95 % (Juillet 1960). Weiterhin ist der Temperaturverlauf in der Zeit von Bedeutung, die dem Frost vorangeht. In einem gewissen Umfang können die Raupen an tiefe Temperaturen adaptieren (Green 1962).

Durch laufende Kontrolle der Temperaturen im Gebiet geplanter Begiftungen läßt sich anhand der vorliegenden Befunde über die Frostresistenz des KW die nach der Befallsermittlung einsetzende Mortalität abschätzen. Es ist jedoch darüberhinaus ratsam, vor der Bekämpfung die effektive Wintersterblichkeit wenigstens in Stichproben zu ermitteln, und die Durchführung der Begiftung von ihren Ergebnissen abhängig zu machen.

2.2 *Sterblichkeit durch Parasiten*

Die wichtigsten Schmarotzer des KW sind entoparasitische Brack- und Schlupfwespen. Die legebereiten Parasitenweibchen stechen die Wirtsraupen im Sommer zur Eiablage an. Die Eier entwickeln sich bis zur Erstlarve, die im Wirt überwintert. Um die Parasitierung einer KW-Population zur Zeit der Winterruhe zu ermitteln, werden Raupen, die bei der Befallsermittlung entdeckt werden, unter einem Binokular seziert.

Das Ergebnis von mehreren Jungwüchsen in zwei getrennten Kiefernanbaugebieten Südwestdeutschlands zeigt Tab. 2.

Die Parasitierung, die den späteren Tod der Raupen zur Folge hat, war stets beträchtlich. Zwar töten die Parasitenlarven ihren Wirt erst nach einer Fraßperiode im Frühjahr ab, doch der durch parasitierte Raupen verursachte, meist noch auf Seitenknospen beschränkte Schaden ist gering. Während nämlich unparasitierte Raupen bis zur Verpuppung ausgiebig fressen, bleiben die parasitierten in der Entwicklung deutlich zurück und werden im vorletzten Raupenstadium abgetötet. Verzichtet man auf die Ermittlung von Parasiten, wird notgedrungen der zu erwartende Schaden überschätzt. Dazu kommt, daß bei Begiftungen mit den Raupen auch die in ihnen lebenden Parasiten abgetötet werden. Dadurch wird in noch unbekannter Weise in das Wirt-Parasit-Verhältnis der nächsten Generation eingegriffen, möglicherweise zu ungunsten der Parasiten. Hier sind noch viele Fragen offen, zumal die Parasiten durch zwischenartliche Konkurrenz nicht in der Lage sind, Massenvermehrungen des KW entscheidend zu begrenzen (Bogenschütz 1969). Da sich jedoch die Parasitierung auch unmittelbar auf den Schadfraß auswirkt, empfehlen wir, auf Bekämpfungen des KW zu verzichten, wenn mehr als 50 % der Raupen parasitiert sind.

Tab. 2

**Die Parasitierung der Überwinterungsraupen des Kiefernknospentriebwicklers in Südwestdeutschland**

| | Winter | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1965/66 | | 1966/67 | | 1967/68 | | 1968/69 | |
| | n | % | n | % | n | % | n | % |
| Südbaden | 3 | 31 | 4 | 23 | 9 | 47 | 11 | 40 |
| Nordbaden | 3 | 61 | 7 | 77 | 7 | 61 | 6 | 32 |

n = Anzahl der untersuchten Kulturen
% = Parasitierungsprozent

Bei Entscheidungen für Maßnahmen gegen den KW sind kurzfristige Prognosen des Schadfraßes und langfristige Voraussagen der Wertminderung im Kiefernbestand zu berücksichtigen. Zur langfristigen Voraussage fehlen noch wesentliche Grundlagen. Ihre Aussagen sind dementsprechend vage. Kurzfristige Prognosen besitzen hingegen hohe Wahrscheinlichkeit, da die wichtigsten auf die Schädlingsraupen wirkenden Mortalitätsfaktoren bekannt und quantitativ bestimmbar sind. So werden durch die Ermittlung des Parasitierungsgrades der Schädlinge und ihrer durch Frost bestimmten Sterblichkeit Fehlausgaben und hygienische Risiken vermieden.

**Zusammenfassung**


Die Prognose des durch den Kiefernknospentriebwickler (*Rhyacionia buoliana* Den. u. Schiff.) verursachten Schadens besteht aus einer langfristigen und einer kurzfristigen Komponente.

1. Die Schätzungen der Wertminderung durch Schadfraß in Jungwüchsen (Langfristprognose) muß unsicher bleiben, so lange keine genauen Untersuchungsergebnisse vorliegen.
2. Hingegen sind die wichtigsten Faktoren, welche die Sterblichkeit der in Knospen minierenden Raupengeneration bis zum Schadfraß bestimmen (Kurzfristprognose), gut erforscht: Der Frost und die Parasiten.

Wenn eine hohe Populationsdichte der Überwinterungsraupen des Schädlings vorliegt, entscheiden Wintermortalität und Parasitierungsprozent über die Notwendigkeit einer chemischen Frühjahrsbekämpfung.


**Summary**


Title of the paper: *On Prognosticating Damage by Rhyacionia buoliana Den. and Schiff.*

Damage prediction for *R. buoliana* has a long-term and a short-term component, viz. the estimation of probable loss in value production of the stand (long-term), which is very uncertain, and the mortality of the caterpillars within the buds before damage (short-term) which can be assessed with more certainty because the causal factors frost and parasites are better known.

For a given density of bud-hibernating caterpillars, winter mortality and percentage parasite infliction determine the necessity of chemical control in spring. E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Prévision des dégâts provoqués par la tordeuse des pousses des pins (Rhycionia buoliana Den. et Schiff.)*

La prévision des dégâts provoqués par la tordeuse des pousses des pins (*Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff.) comprend deux volets = prévision à long terme et prévision à court terme.

1. l'estimation de la perte de valeur qui résultera de l'action du ravageur sur de jeunes peuplements demeurera incertaine tant qu'on ne disposera pas de résultats de recherches sûrs (prévision à long terme).

2. par contre on connaît exactement les facteurs les plus importants conditionnant la mortalité des générations de chenilles minant les bourgeons jusqu'à provoquer leur destruction (prévision à court terme): le froid et les parasites.

Si l'on se trouve en présence d'une forte population hivernante des chenilles du parasite, il y aura nécessité ou non d'un traitement chimique au printemps selon le taux de mortalité au cours de l'hiver et le pourcentage de parasitisme.

J. M.

**Literatur**

Bednyi, V. D.: The effect of temperature on the hibernation of the pine shoot moth in the Donets pine forests of Lugansk region, Zool. Zh. 44, 459 - 461. (Russisch. Zitiert nach Rev. Appl. Entomol. 55, (1967), 480), 1965. — Berger, H.: Der Kiefernknospentriebwickler Rhyacionia (Evetria) buoliana Schiff. und seine Begleitschädlinge — Ein Beitrag zum Forstschutz in Kiefernjungwüchsen. Diss. Freiburg, 1959. — Bogenschütz, H.: Interspezifische Beziehungen im Rhyacionia buoliana-Parasitenkomplex des Oberrheingebietes. Z. angew. Entomol. 63, 454 - 461, 1969. — Cramer, H. H.: Zur Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers (Rhyacionia buoliana Schiff.). Holzzentralbl. Nr. 35 (20. 3. 64), 1964. — Green, G. W.: Low winter temperature and the European pine shoot moth Rhyacionia buoliana (Schiff.) in Ontario. Canad. Entomol. 94, 314 - 336, 1962. — Juillet, J. A.: Resistance to low temperatures of the overwintering stages of two introduced parasites of the European pine shoot moth, Rhyacionia buoliana (Schiff.) (Lepidoptera: Olethreutidae). Canad. Entomol. 92, 701 - 704. — Maksimovic, M. und U. Schindler: Untersuchungen über den Kiefernknospentriebwickler Rhyacionia (Evetria) buoliana Schiff. und seine Parasiten in Serbien. Z. angew. Entomol. 64, 86 - 103, 1969. — Olberg, A.: Die Bedeutung des Kiefernknospentriebwicklers für die Erziehung von Kiefernwertholz. Forstarch. 15, 29 - 30, 1939. — Schindler, U.: Erfahrungen bei der Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers. Forst- u. Holzwirt 21, 177 - 182, 1966. — Sierpinski, Z.: The effect of low winter temperatures in 1962 - 1963 on populations of some noxious forest insects. Biul. Inst. Badaw. Lesn. Nr. 1, 244 - 251, 1965. (Polnisch mit engl. Zusammenfassung).

# Der Beginn des forstlichen Unterrichts vor 200 Jahren in Berlin

Mitteilung aus dem Institut für Forstgeschichte der Universität Freiburg i. Br.

Von J. Pacher, Freiburg i. Br.

Die in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts entstandenen sehr regional bezogenen sogenannten forstlichen Meisterschulen, die mehr der praktischen Ausbildung dienten, genügten bald den Anforderungen nicht mehr. Um die forstliche Ausbildung zu verbessern, war eine Vertiefung des Grundlagenwissens und theoretischen Unterrichts durch Einbeziehung von Grund- und Hilfswissenschaften, deren Bedeutung im Rahmen einer forstlichen Ausbildung immer mehr erkannt wurde, notwendig. Dadurch kam es entweder zunächst zur Erweiterung bestehender Meisterschulen, indem neben dem bisherigen alleinigen forstlichen Leiter weitere Lehrkräfte herangezogen wurden, oder zur Entstehung forstlicher Mittelschulen, von Forstinstituten, Forstlehrinstituten, Forstlehranstalten, Forstakademien. Diese damals so benannten Einrichtungen dürfen nicht mit ähnlich bezeichneten heutigen Anstalten verglichen werden.

Die Notwendigkeit einer Verbesserung des forstlichen Unterrichts erkannten verschiedentlich auch die Landesherren und versuchten ihr durch Schaffung entsprechender Einrichtungen Rechnung zu tragen. So wurde in Berlin 1770[1]) laut „Allerhöchstem Königlichen Specialbefehl" und auf Anregung des Ministers v. Hagen sowie mit Unterstützung des Großkanzlers v. Fürst der Professor „der Arzeneywissenschaft und Gewächskunde ... bey dem Königl. Collegio-Medico-Chirurgico zu Berlin ... Director des botanischen Gartens" Johann Gottlieb Gleditsch beauftragt, für Feldjäger und junge Forstleute „über das Forstwesen ordentliche Vorlesungen zu halten"[2]). Damit entstand vor nunmehr 200 Jahren zunächst in sehr formloser Weise die sogenannte Forstakademie in Berlin, an der als erster Direktor und Lehrer Gleditsch tätig war.

Mit diesem Auftrag und durch Gleditsch war nach Pfeil insofern „ein Riesenschritt zur Verbesserung dieses (forstlichen, d. Verf.) Unterrichts" getan, als Gleditsch zwar selbst kein praktischer Forstmann aber ein „guter Botaniker und allgemein wissenschaftlich gebildeter Lehrer ... zuerst dem Unterrichte eine wissenschaftliche Form und Tendenz" gab[3]). Um, wie Gleditsch sagt, seinen „Zuhörern bey der Unterweisung durch eine der Forstwissenschaft recht angemessene Lehrart ebenso nützlich als verständlich zu werden", suchte er nach einem ihm geeignet erscheinenden Lehrbuch, das die „meisten dazu gehörigen Materien in einer gewissen natürlichen Ordnung enthielt"[4]). Da er dieses nicht vorfand, verfaßte er eine zweibändige „Systematische Einleitung in die neuere Forstwissenschaft".

Nach der Gleditsch vom „hohen General-Directorio gegebenen Vorschrift sollte er den Lernenden ... richtigere Kenntnisse beyzubringen suchen, als man zeither davon gehabt, die sich auf Geschichte, Mathematik, Naturlehre, Naturgeschichte, Chymie und überhaupt auf sichere Erfahrungen gründen ... auch die nöthigen Erläuterungen aus der Forstbotanik" bringen[5]). Der Schwerpunkt von Gleditschs Vorlesungen lag bei der Botanik. Im botanischen Garten befaßte er sich besonders mit der Erziehung fremder Baumarten und wandte sich dadurch mehr der angewandten Forstbotanik zu. Der mathematische Unterricht wurde später dem Artillerie-Leutnant v. Oppen übertragen. Der Ausbildungsgang sah weiterhin vor, daß, wenn „die Zuhörer in ihren Kenntnissen so weit gekommen, daß sie an Ort und Stelle von den Förstern selbst mehrere Auskunft verlangen, ... sie in die nächsten sowohl als auch entfernteren Waldungen geführt ... auch in Gegenden ..., in welchen die Forstgeschäfte ordentlich getrieben werden, um die Anstalten selbst zu sehen, und sich darüber durch Fragen belehren zu können"[3]). In der Praxis kam jedoch der eigentliche forstliche Unterricht zu kurz. Exkursionen zur Erläuterung des theoretischen Unterrichts in die nahe gelegenen Waldungen um Berlin wurden wenig durchgeführt. Die Ursache dafür kann in dem Fehlen einer forstlichen Ausbildung Gleditschs gesehen werden. Dies wirkte sich um so nachteiliger aus, als die Hörer selbst so gut wie keine forstlichen Kenntnisse besaßen. Diesem Mangel, der dem Generaldirektorium und später dem Forstdepar-

[1]) Löffelholz-Colberg, Fr. v.: Forstl. Chrestomathie. 2. Bd. 1867, S. 297.
[2]) Gleditsch, J. G.: Systematische Einleitung ... 1. Bd. 1774, Vorrede.
[3]) Pfeil, W.: Historische Übersicht ... 1830, S. 37.
[4]) Gleditsch, J. G.: Systemat. Einleitung ... 1. Bd. 1774, Vorrede.
[5]) Krünitz, J. G.: Oekonom.-technolog. Encyklopädie ... 1786, S. 522.

tement nicht entging, sollte dadurch begegnet werden, indem die für den höheren Forstdienst vorgesehenen und besonders befähigten Absolventen zur weiteren praktischen Ausbildung einmal noch an ZANTHIERS Meisterschule nach Ilsenburg geschickt wurden. Zum anderen wurde versucht, der Akademie das benachbarte Tegeler Revier anzugliedern. Hier hatte der Forstrat FRIEDRICH AUGUST LUDWIG v. BURGSDORF umfangreiche Anpflanzungen mit fremdländischen, insbesondere nordamerikanischen Baumarten, angelegt. VON BURGSDORF sollte für diese Schüler noch spezielle forstliche Vorlesungen halten. Da in Tegel die entsprechenden Räumlichkeiten fehlten, fanden diese in Berlin statt.

Die Effektivität der Berliner Forstakademie lag während GLEDITSCHS Tätigkeit nicht so sehr in der unmittelbaren Ausbildung praktischer Forstmänner. Sie schien sich aber insoweit bewährt zu haben, daß „nicht nur sehr ansehnliche Ausländer sich zu Forst- und Cameralbedienungen in ihrem Vaterland vorbereitet haben, sondern auch verschiedene, vorzüglich geschickte, Landeskinder ... erzogen worden sind" und „der jetzige Chef des gesamten Forstwesens ... Forstmeister, Forstinspectores, Forsträthe und andere Bediente bey den königl. Kriegs- und Domänenkammern mit Zufriedenheit aus dieser Schule genommen" hat[6]). Eine besondere Bedeutung dieser forstlichen Ausbildungsstätte ist aber darin zu sehen, daß hier wohl mit zum ersten Mal naturwissenschaftliche Elemente in die forstliche Ausbildung getragen wurden. GLEDITSCH war der erste, der sich bemühte, für die Forstbotanik ein Lehrgebäude zu schaffen und durch seine Vorlesungen Forstleuten forstbotanisches Wissen zu vermitteln.

Nach GLEDITSCHS Tod 1786 wurde 1787 v. BURGSDORF mit der Leitung der Akademie beauftragt. In diesem Zusammenhang erging an ihn von „Seiner Königl. Majestät von Preußen" der Auftrag, „ein Handbuch zur Belehrung und Prüfung für Förster zu verfassen"[7]). Von diesem erschien bereits 1788 der erste Band; der zweite folgte 1796.

Entsprechend den Forderungen der Zeit nach einer Erweiterung des Wissens und der Schaffung systematischer Kenntnisse über Bau und Leben der Waldbäume nahm auch bei v. BURGSDORF die Forstbotanik einen breiten Raum ein. Allerdings war es ihm nicht gegeben, durch eigene Untersuchungen für die Forstbotanik neue, über GLEDITSCH hinausgehende wissenschaftliche Erkenntnisse zu schaffen. Mit dem forstbotanischen Teil seines Handbuchs gab v. BURGSDORF seinen Hörern einen Überblick und Leitfaden und förderte damit sowie durch seinen Unterricht die für den Forstmann der damaligen Zeit notwendigen forstbotanischen Kenntnisse. Wenn auch durch ihn der Unterricht an der Forstakademie, wie dem Forsthandbuch entnommen werden kann, eine größere Vollständigkeit erlangte, so kam, da v. BURGSDORF selbst keine allzu großen Kenntnisse von der praktischen Wirtschaft besaß, die eigentliche Forsttechnik zu kurz. Der theoretische Unterricht wurde in Berlin abgehalten, während die praktischen Unterweisungen im Tegeler Revier erfolgten. VON BURGSDORF verstand es, der Akademie einen gewissen Ruf zu verschaffen, so daß für den höheren Forstdienst bestimmte Forst- und Jagdjunker zu ihm geschickt wurden. Letztlich war aber, wie bei den forstlichen Meisterschulen, das Schicksal der Forstakademie mit den sie leitenden Persönlichkeiten verbunden. Als v. BURGSDORF 1802 starb, fand sich kein geeigneter Nachfolger und die Akademie hörte auf zu bestehen.

Damit trat zunächst eine fast 20jährige Stagnation im forstlichen Unterrichtswesen in Preußen ein. Als GEORG LUDWIG HARTIG 1811 die Stelle des preußischen Oberlandforstmeisters in Berlin annahm, hatte er die Bedingung gestellt, sein von ihm 1789 in Hungen in der Wetterau gegründetes Forstlehrinstitut weiterführen zu können. Er war der Ansicht, daß von der Bildung des „so sehr zahlreichen Försterstandes ... unglaublich viel abhängt" und sah „in der Sorge für eine zweckmäßige Bildung derjenigen Subjecte, welche sich dem Dienst des Staates widmen wollen ... eine wichtige Pflicht der obersten Staats-Direction"[8]). Von HARTIG für die Errichtung einer staatlichen Forstlehranstalt ausgearbeitete Pläne wurden zunächst abgelehnt. Erst 1814 konnte er für die Jäger des Reitenden Korps und die Fußjäger Unterricht in einem Hörsaal der Universität halten[9]). Diese Lösung war so unbefriedigend, daß HARTIG 1818 einen neuen Plan vorlegte. Durch „Allerhöchste Cabinets-Ordre vom 12. Februar 1820" — vor nunmehr 150 Jahren — erfolgte dann die Neugründung der Forstakademie in Berlin in Verbindung mit der Universität und Ostern 1821 deren Eröffnung. Auf Grund einer „Allerhöchsten Cabinets-Ordere vom 9. April 1821" wurde der Fürstlich Carolath'sche Forstmeister FRIEDRICH WILHELM LEOPOLD PFEIL unter Beförderung zum Oberforstrat „zum Lehrer der Forstwissenschaft bei der Forst-Akademie Berlin berufen und ... zum außerordentlichen Professor bei der Universität ernannt"[10]). Die Akademie bestand so bis zur Verlegung der forstlichen Ausbildung von Berlin an die laut „Allerh. Cabinets-Ordre vom 27. März 1830" in Neustadt-Eberswalde gegründete höhere Forstlehranstalt. Zu ihrem ersten Direktor wurde PFEIL ernannt.


## Summary

Title of the paper: *The Beginnings of Forestry Education 200 Years ago at Berlin.*

Forestry master schools had grown during the second half of the 18th century. But soon demands of developing forestry outgrew their capacity. The master schools, in response, were expanded and the curriculum included basic sciences, but eventually new forestry high schools, forestry teaching institutes and academies were established. Some feudal lords founded forestry schools to meet the demand for an improved standard in forestry teaching. Frederick II. commissioned J. G. GLEDITSCH in 1770 to lecture forestry to Royal Hunters and foresters. This marked the beginning of forestry teaching at Berlin. The botanist GLEDITSCH emphasized forest botany. Technical forestry was neglected. His successor Fr. A. L. v. BURGSDORF since 1787 achieved a more balanced curriculum and introduced practical exercises. After his death in 1802 the academy at Berlin was discontinued until it was re-established in 1820 as part of the University of Berlin. The first head was FR. W. L. PFEIL. The academy continued until 1830, when forestry teaching was transferred to Eberswalde near Berlin.

E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *Le début de l'enseignement forestier il y a 200 ans à Berlin.*

Les «écoles forestières de maîtrise» qui avaient été fondées dans la seconde moitié du 18ème siècle, devinrent inaptes à dispenser le savoir jugé nécessaire pour l'application des règles d'exploitation forestière envisagées. L'amélioration de la formation forestière rendait nécessaire l'approfondissement des connaissances de base; ceci amena d'abord à introduire les sciences fondamentales et annexes dans les programmes des «écoles de maîtrise» puis à créer des «écoles forestières secondaires», des Instituts Forestiers, des Académies Forestières etc... Certains souverains tinrent également compte de cette nécessité d'améliorer l'enseignement forestier en


[6]) KRÜNITZ, J. G.: a. a. O. S. 523.
[7]) BURGSDORF, F. A. L. v.: Forsthandbuch ... 1. Bd. 1788, S. XVII.

[8]) HARTIG, G. L.: Lehrbuch ... 1. Bd. 1816, S. IV.
ders.: Forstdirektion ... 1803, S. 17.
PACHER, J.: Georg Ludwig Hartig ... 1964, S. 245.
[9]) RICHTER, A.: Georg Ludwig Hartig ... 1965, S. 18.
[10]) DANCKELMANN (Hrsg.): Festschrift ... 1880, S. 1.

créant des établissements appropriés. En 1770, J. G. GLEDITSCH fut chargé par Frédéric II de donner des cours de foresterie aux chasseurs et aux jeunes forestiers. C'est ainsi que naquit il y a 200 ans, sans structure précise, l'Académie Forestière de Berlin. L'essentiel des cours de GLEDITSCH portait sur la botanique forestière. L'enseignement forestier proprement dit était fort succinct, GLEDITSCH lui-même n'ayant reçu aucune formation forestière. Il est intéressant de noter cependant que c'est grâce à lui que, pour la première fois, les sciences naturelles firent leur apparition dans l'enseignement forestier. Après la mort de GLEDITSCH, FR. A. L. VON BURGSDORF fut chargé en 1787 de la direction de l'Académie. Avec lui la botanique forestière conserva une large place, mais l'enseignement devint beaucoup plus complet et des exercices pratiques y furent notamment introduits. A la mort de VON BURGSDORF, l'Académie cessa d'exister. A l'instigation de G. L. HARTIG, l'Académie fut recréée, en liaison avec l'Université, le 12 Février 1820. Le premier professeur de sciences forestières fut FR. W. L. PFEIL. L'Académie subsista jusqu'à ce que l'enseignement forestier fut transféré de Berlin à l'Ecole Forestière Supérieure fondée à Neustadt-Eberswalde le 27 Mars 1830. J. M.

**Literatur**

BURGSDORF, F. A. L. v.: Forsthandbuch. Allgemeiner theoretisch-praktischer Lehrbegriff sämtlicher Försterwissenschaften. 1. Bd. Berlin 1788. — GLEDITSCH, J. G.: Systematische Einleitung in die neuere aus ihren eigenthümlichen physikalisch-ökonomischen Gründen hergeleitete Forstwissenschaft. 1. Bd. Berlin 1774. — HARTIG, G. L.: Grundsätze der Forst-Direction. Hadamar 1803. — Ders.: Lehrbuch für Förster. 1. Bd. Stuttgart, Tübingen 1816 (5. Aufl.). — KRÜNITZ, J. G.: Oekonomisch-technologische Encyklopädie, oder allgemeines System der Staats-, Stadt-, Haus- und Landwirtschaft, in alphabetischer Ordnung. Berlin 1786. — LÖFFELHOLZ-COLBERG, FR. v.: Forstliche Chrestomathie. Beitrag zu einer systematisch-kritischen Nachweisung und Beleuchtung der Literatur der Einleitung in die Forstwissenschaft, der Forstgeschichte, der Forststatistik und Forstliteratur. 2. Bd. Berlin 1867. — PACHER, J.: Georg Ludwig Hartig 1764 - 1837. Persönlichkeit und Wirken im Lichte seiner Zeit, gemessen an der heutigen Situation der Forstwirtschaft. Aus Anlaß der 200jährigen Wiederkehr seines Geburtstages am 2. September 1964. Allg. Forst- u. Jagdztg. 135 (1964), 10, 241 - 247. — PFEIL, W.: Historische Übersicht der Art und Weise des forstlichen Unterrichts, und der Entwicklung der forstlichen Bildungs-Anstalten. Krit. Bl. f. Forst- u. Jagdwiss. Bd. V, H. 1. Leipzig 1830, S. 32 - 83. — RICHTER, A.: Georg Ludwig Hartig. Zum Gedächtnis an die 200. Wiederkehr seines Geburtstages (2. September 1764). Dtsch. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin. Tagungsber. Nr. 75. Berlin 1965, S. 11 - 25. — DANCKELMANN (Hrsg.): Festschrift für die Fünfzigjährige Jubelfeier der Forstakademie Eberswalde. Berlin 1880.

# Buchbesprechung und Notizen

**Tannenreiche Wälder am Südabfall der mittleren Ostalpen.** Von Prof. Dr. H. MAYER (Wien) unter Mitwirkung von Prof. Dr. A. HOFMANN (Turin). BLV-Verlagsgesellschaft München, 1969. 237 S., 54 Abb., 9 Tab. Ganzleinen DM 40,—.

Die 1963 von H. MAYER vorgelegte Darstellung der tannenreichen Wälder am Nordabfall der Alpen wird in dem vorliegenden Buch ergänzt durch die Darstellung der Waldkomplexe im südlich anschließenden Teil der Ostalpen, so daß nunmehr ein vollständiges Bild über Waldstrukturen und Waldstandorte quer über den ganzen mittleren Ostalpenteil vorliegt. Wie schon bei der Darstellung der nordalpinen Waldverhältnisse wird wieder mit Hilfe von fast 1000 pflanzensoziologischen Aufnahmen eine sehr eingehende Analyse der Waldgesellschaften auf der Grundlage standörtlicher Pflanzenaussagen, in Verbindung mit dem Klima, Grundgestein, dem Boden und der Vegetationsgeschichte vorgenommen. Mit einer bewundernswerten Intensität werden methodisch sozusagen alle Register gezogen, um zu einem praktischen Gesamtverständnis der Wälder zu gelangen und um darauf die waldbaulichen Schlußfolgerungen aufzubauen. Dabei werden vor allem 3 in sich noch nach der Meereshöhe differenzierte Wuchskomplexe herausgearbeitet: Das inneralpine Gebiet, das vom Piceetum subalpinum bzw. montanum beherrscht wird, das zwischenalpine Gebiet, in dem die Abieten ihr Optimum haben und das nördliche Randalpen-Gebiet, in dem die Fageten ihre reinste Entfaltung erfahren.

Da die Waldeinheiten durch soziologische Artengruppen definiert werden, entsteht den „Leiteinheiten" untergeordnet ein recht verwickeltes System von Regional- und Lokaltypen. Es hätte vermutlich auf der Grundlage von Assoziations-Kennarten etwas einfacher und übersichtlicher gestaltet werden können.

Für den wirtschaftenden oder planenden Praktiker ergibt sich aber in jedem Falle ein sehr anschauliches und minutiöses Bild der pflanzensoziologisch fundierten Wald- und Standortsgestaltung, untermauert durch zahlreiche Skizzen über das Bestandesgefüge oder über die Verteilung der Bäume und Pflanzenarten-Gruppen im Raume.

Auch findet er eine genaue Darstellung der Verjüngung oder der Leistung der Holzarten in Bezug auf die ausgeschiedenen Waldeinheiten.

Eine reiche Erfahrung, ein guter Blick für die pflanzensoziologischen Gegebenheiten, eine synthetische Auswertung aller Erkenntnisse über die vorgeschichtliche und historische Bestandesentwicklung ergeben ein Werk, das für jeden Forstmann, aber auch jeden Geobotaniker, der in den Ostalpen arbeitet, eine unentbehrliche Grundlage bilden wird. OBERDORFER

---

HOCHSCHULNACHRICHTEN

Hann. Münden. — Dem Dipl.-Landwirt Dr. HORST FÖLSTER, Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen, wurde am 9. 2. 1970 die venia legendi für Bodenkunde verliehen.

München. — Die Forstwissenschaftliche Abteilung der Staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München veranstaltet in der Zeit vom 5. - 8. Oktober 1970 eine Forstwissenschaftliche Hochschultagung.

Am 18. 12. 1969 wurden die Privatdozenten Dr. K. E. REHFUESS und Dr. F. FRANZ, beide Forstliche Forschungsanstalt München, zum Wissenschaftlichen Rat und Professor ernannt.

**Wilhelm-Leopold-Pfeil-Preis für Professor Dr. I. Popescu-Zeletin**

Der Wilhelm-Leopold-Pfeil-Preis der Stiftung F. V. S. zu Hamburg wurde auf Beschluß des Kuratoriums unter Vorsitz von Professor Dr. J. SPEER für das Jahr 1970 dem Mitglied der Rumänischen Akademie Professor Dr. I. POPESCU-ZELETIN, Bukarest, in Anerkennung seiner wissenschaftlichen, didaktischen und organisatorischen Verdienste um die Forstwissenschaft und Forstwirtschaft Rumäniens zugesprochen.

Mit dem Wilhelm-Leopold-Pfeil-Preis werden Persönlichkeiten ausgezeichnet, die sich um eine beispielhafte Waldwirtschaft in Europa besonders verdient gemacht haben.

Außer diesem Preis, der mit DM 10.000,— dotiert ist, erhalten vier junge Forstleute, ein Engländer, ein Tscheche und zwei Deutsche je ein Stipendium für eine Studienreise in Höhe von je DM 1.500,—.

Die feierliche Überreichung der Auszeichnung durch die Universität Freiburg erfolgt am 20. November 1970 in Freiburg.

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG




INHALTSVERZEICHNIS



141. JAHRGANG 1970 HEFT 6 JUNI

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE
# FORST UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 6 des 141. Jahrgangs sind:**

Professor Dr. G. Kaminsky, Institut für forstliche Arbeitswissenschaft, 2057 Reinbek, Vorwerksbusch

Dr. Werner Landschütz, Institut National d'Etudes Forestières, Cap Estérias, c/o Ambassade de la République Fédérale d'Allemagne, B. B. 299, Libreville, Gabon

E. Lembke, Institut für forstliche Arbeitswissenschaft, 2057 Reinbek, Vorwerksbusch

Dr. Siegfried von Stackelberg, Forstamt Lüchow der Landwirtschaftskammer Hannover, 313 Lüchow, Theodor-Körner-Str. 5

**Die Buchbesprechung erfolgte von:**

Professor Dr. H. Schmidt-Vogt, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17



## Bezugsquellen-Verzeichnis



**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Stammholzentrindung mit der Entrindungsmaschine BIBER

**Arbeits- und Belastungsstudie beim Entrinden von Fichte**

Aus den Arbeiten des Instituts für forstliche Arbeitswissenschaft der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek

(Mit 17 Abbildungen und 6 Tabellen)

Von S. von Stackelberg, G. Kaminsky und E. Lembke

## Einleitung

Handgeführte Entrindungsmaschinen sind die erste Stufe einer Mechanisierung der Entrindungstätigkeit. Ihr Einsatz kann wegen der geringen Anschaffungskosten und der Beweglichkeit in vielen Fällen sinnvoll und zweckmäßig sein. Die Arbeit bleibt aber lohnintensiv und belastet den Arbeiter. Das Römer-Entrindungsgerät war das erste dieser Art (2, 3, 5); es ist inzwischen vielfach verbessert worden und wird jetzt als STIHL RG 16 geliefert. Als weiteres Gerät ist die BIBER auf den Markt gekommen. Ziel der Untersuchung war, für dieses Gerät den Zeitverbrauch und die Belastung des Arbeiters bei einem geeigneten Arbeitsverfahren zu ermitteln, Lärm und Vibration zu prüfen und Zeit und Kosten mit der Handentrindung zu vergleichen.

## Entrindungsmaschine BIBER

Das *Gerät* (Abb. 1) ist mit Jonsereds-Motor (ca. 5,5 DIN PS) und seit Sommer 1968 wahlweise mit STIHL-Motor (3,4 DIN PS) ausgerüstet; der Anbau an den Motor der Dolmar CA ist vorgesehen. Das Gewicht beträgt ohne Benzin 14 kg (Ausführung mit Jonsereds-Motor, im folgenden BIBER-Jons. bezeichnet) bzw. 11,6 kg (mit STIHL-Motor, im folgenden BIBER-Stihl bezeichnet). Das Entrindungsaggregat ist mit Schrauben am Motorkopf befestigt. Es kann auch an einen bereits vorhandenen 08 S-Motor oder an den Motor der Elektrosäge E 15 angebaut werden. Im Gehäuse befindet sich der Messerkopf mit drei auswechselbaren Spezialmessern, die je nach Rindenstärke und Verschleiß verstellbar sind. Der Messerkopf wird von einem Keilriemen angetrieben. Der vordere Griffbügel ist gummigelagert. Zwei kugelgelagerte Kunststoffräder stützen die Maschine auf dem Stamm ab und geben ihr die Führung.

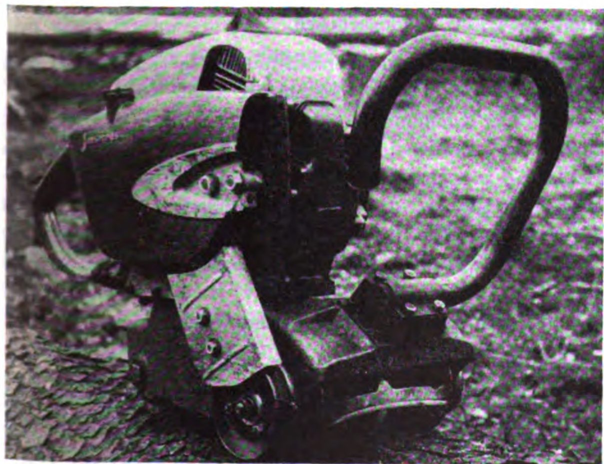


Abb. 1
Handgeführte Entrindungsmaschine BIBER mit Jonsereds-Motor

Die *Arbeitsweise* unterscheidet sich von der der RG 16. Die BIBER fräst mit ihrem Messerkopf die Rinde ab. Der Arbeiter zieht zum Entrinden die Maschine auf sich zu und läßt sie dann im Leerlauf in der entrindeten Bahn zurücklaufen (Abb. 2a). Er steht, in Arbeitsrichtung gesehen, rückwärts und setzt einen Schälzug neben den anderen. Beherrscht der Arbeiter die Arbeitstechnik, kann er auch während des Zurücklaufens der Maschine entrinden; er gibt etwas mehr Gas und hebt die Maschine hinten an. Das Zurücklaufen der Maschine bremst er etwas ab, dann entrindet der Fräskopf während des Zurücklaufens. Diese Technik ist vor allem im glattrindigen, astfreien Stammteil anzuwenden (Abb. 2b). Der Arbeiter beginnt auf der ihm abgewendeten Stammseite mit der ersten Schälbahn und endet auf der ihm zugewendeten Seite. Die Führungshand am vorderen Griff greift entsprechend um, so daß die Maschine sicher in der Hand liegt und die Handhaltung nicht unbequem wird (Abb. 3, 4). Die Maschine liegt mit dem vollen Gewicht auf dem Stamm und braucht nicht angedrückt zu werden. Wenn etwa $^1/_3$ des Stammumfanges im ersten Schälfeld entrindet ist, beginnt das Entrinden des nächsten Schälfeldes, indem die zuletzt entrindete Bahn in das nächste Schälfeld verlängert wird. Gleichzeitig verlegt der Arbeiter seinen Standplatz. Jetzt liegt der erste Schälzug auf der ihm zugewendeten Stammseite und der letzte auf der abgewendeten Seite. Im nächsten Schälfeld ist es wieder umgekehrt. Dadurch wird eine ruhige und von unnötigen Bewegungen freie Maschinenführung möglich (Abb. 5). Ist die Stammoberseite entrindet, wendet der Arbeiter den Stamm und kann nun das zweite Drittel, und nach einem zweiten Wenden schließlich das letzte Drittel entrinden. Die „Dritteleilung" ist im allgemeinen einzuhalten: die Belastung bei einem weiten Herumgreifen wird durch die ungünstige Arbeitshaltung höher (Abb. 6), und bei einem zu tiefen Entrinden der dem Arbeiter zugewendeten Seite muß die Maschine an den Stamm gedrückt werden; dadurch wird die Führung der Maschine schwieriger. Nach dem Entrinden bis zum Stammende wird die Maschine jedes Mal zum Stammfuß zurückgetragen. Diesen Laufweg vermeidet man, wenn zwei Stämme unmittelbar nacheinander entrindet werden; bei diesem paarweisen Entrinden wird der eine Stamm aufwärts, der andere Stamm abwärts entrindet (Abb. 7).

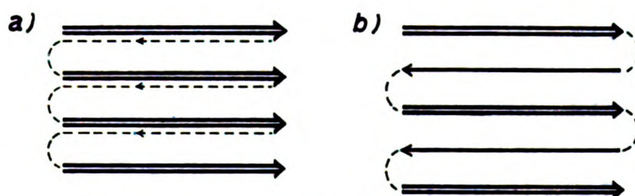



Abb. 2
Arbeitstechnik mit Entrindungsmaschine BIBER
a) Die Maschine entrindet nur beim Heranziehen — beim Zurückfahren läuft die Maschine leer
b) Die Maschine entrindet sowohl beim Heranziehen als auch beim Zurücklaufen

Beim *Arbeitsablauf* in der Fichten-Hauung kann der Arbeiter sein Gerät (Motorsäge, Schälgerät, Axt, Wendehaken mit Baum, Meßstock) nicht auf einmal tragen. Deshalb erscheint es sinnvoll, den Ablauf etwa wie folgt aufzuteilen:

a) Stammholz entrindet, Schichtholz nicht entrindet

1. Arbeitsgang: Fällen — Entasten — Abzopfen — Vermessen
2. Arbeitsgang: Schichtholz einschneiden, Rücken und Setzen
3. Arbeitsgang: Stammholz entrinden



Abb. 3
Maschinenführung beim Entrinden der dem Arbeiter abgewendeten Seite



Abb. 4
Maschinenführung beim Entrinden der dem Arbeiter zugewendeten Seite



Abb. 6
Ungünstige Arbeitshaltung beim Entrinden, wenn zu weit um den Stamm herumgegriffen wird

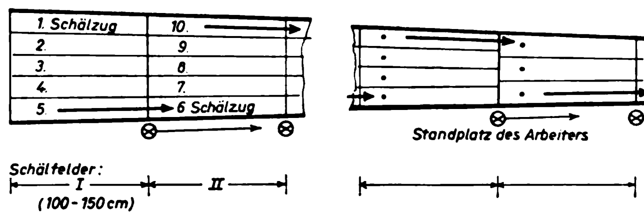



Abb. 5
Reihenfolge der Schälzüge beim Arbeiten mit der Entrindungsmaschine BIBER

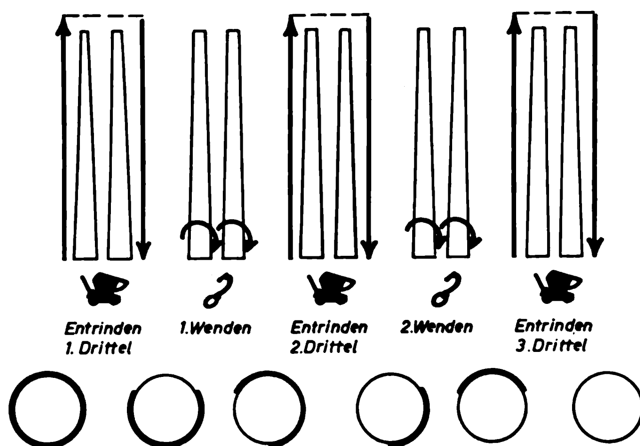



Abb. 7
Arbeitsverfahren beim paarweisen Entrinden

b) Stammholz und Schichtholz entrindet
   1. Arbeitsgang: Fällen — Entasten — Abzopfen
   2. Arbeitsgang: Entrinden — Vermessen
   3. Arbeitsgang: Schichtholz einschneiden, Rücken und Setzen

Wenn nur entrindetes Stammholz ausgehalten und Schichtholz nicht aufgearbeitet wird, ist der 1. und 2. Arbeitsgang wie bei b). der 3. Arbeitsgang entfällt.

Durch diese Arbeitsteilung ergibt sich eine erhebliche Konzentration der Entrindungstätigkeit. Erste Pulsfrequenzmessungen mit der zunächst lieferbaren schwereren BIBER-Jons. (Versuch Niendorf) ließen eine hohe Belastung des Arbeiters erwarten. In einer zweiten Untersuchungsreihe (Versuch Linau) wurde zur Entlastung des Arbeiters das Entrinden auf einen Aufarbeitungsplatz verlegt und nur die unbedingt am Fällort auszuführenden Arbeiten erfolgten im Wald.

## Untersuchungsbedingungen

Die Untersuchung wurde im Kreisforstamt Koberg durchgeführt (Tab. 1).

1. Revierförsterbezirk Niendorf, BIBER-Jons., März 1968, Temperaturen zwischen 10 und 20 °C, bedeckt bis sonnig.
   a) Ermittlung des Einflusses des Durchmessers auf die Entrindungszeit und Vergleich Hand-/Maschinenentrindung. Windwurfholz vom Oktober 1967, im Dezember 1967 aufgearbeitet und in Poldern gelagert.
   b) Vergleich angetrocknete / saftfrische Rinde bei Maschinen- bzw. Handentrindung. Zusätzlich Windwurfholz von 1968, am Stock belassen.
2. Revierförsterbezirk Linau, BIBER-Stihl, September 1968. Temperatur zwischen 15 und 20 °C, bedeckt.
   Zeitstudie und Pulsfrequenzmessung beim Entrinden am Aufarbeitungsplatz. Windwurfholz vom November 1967 und Februar 1968, am Stock belassen.

In Niendorf wurden die Versuchsstämme in absolute Sektionen aufgeteilt: 2-m-Sektion am Stammfuß, dann fortlaufend 6-m-Sektionen. Der Stamminhalt errechnet sich aus den einzelnen Sektionsmassen, ermittelt aus Länge und Mittendurchmesser mit Rinde der Sektion. In Linau erfolgte keine Aufteilung in Sektionen; der Stamminhalt ist aus Mittendurchmesser ohne Rinde und Länge errechnet. Die Regressionswerte sind, zum Vergleich mit dem Versuch Niendorf, auf fm m. R. umgerechnet.

## Ergebnisse des Versuches Niendorf

### *Welche Faktoren beeinflussen die Entrindungszeit?*

Bei Verwendung der Entrindungsmaschine BIBER hat der Stammdurchmesser einen deutlichen, Rindenbeschaffenheit, Äste und Beulen dagegen nur einen geringen Einfluß auf die Entrindungszeit. Der Zeitverbrauch für das Entrinden der Stammfüße mit starker und harter Rinde und des oberen Stammteiles mit mehr und stärkeren Ästen und Beulen ist etwa 10 bis 20 % höher als der Zeitverbrauch für den glattrindigen und weitgehend astfreien mittleren Stammteil (Abb. 8). Angetrocknete Rinde beeinflußt den Zeitverbrauch wenig; so dauert das Entrinden der Stämme aus dem Polder mit angetrockneter Rinde nur 5 bis 10 % länger als das des frischen Windwurfholzes (Abb. 9). Diese Zeit-

Tabelle 1
**Übersicht und Umfang der Untersuchung**

| Versuchsort | Arbeiter | Gerät | Anzahl der Versuchsstämme | Anzahl der ausgewerteten Sektionen | Stamm-Mittendurchmesser cm Bereich | Mittel | Stamminhalt fm mR Bereich | Mittel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Niendorf | a) W | BIBER-Jons. | 9 | 38 | 24 - 41 | 31,1 | 0,9 - 2,6 | 1,6 |
| | S | BIBER-Jons. | 9 | 39 | 21 - 37 | 29,7 | 0,5 - 2,6 | 1,5 |
| | W | Hand | 6 | 26 | 22 - 39 | 31,0 | 0,7 - 2,7 | 1,7 |
| | S | Hand*) | 6 | 25 | 21 - 37 | 29,8 | 0,5 - 2,4 | 1,5 |
| Niendorf | b) W | BIBER-Jons. | 3 | 14 | 25 - 29 | | 1,1 - 1,6 | |
| | W | Hand | 2 | | 28 | | 1,4 | |
| Linau | W | BIBER-Stihl | 21 | | 20 - 46 | 29 | 0,4 - 2,7 | 1,3 |
| | S | BIBER-Stihl | 16 | | 21 - 35 | 28 | 0,5 - 2,3 | 1,1 |

*) zu leichtes Schäleisen, für Vergleich nicht herangezogen

unterschiede sind nicht gesichert und liegen im Bereich der von Stamm zu Stamm streuenden Werte. Untersuchungen in der Schweiz ergaben für Holz mit gefrorener Rinde nur einen bis zu 10 % höheren Zeitverbrauch gegenüber frischer bis leicht angetrockneter Rinde (1).

Bei der Handentrindung ist der Zeitverbrauch für das Entrinden des Stammfußes deutlich höher als für den übrigen Stammteil (35 - 45 %). Ebenso läßt sich die angetrocknete Rinde des Polderholzes schwerer entfernen als die von noch saftfrischem Holz (Abb. 10).

### *Vergleich der Maschinen- und Handentrindung*

Vergleicht man die reine Entrindungstätigkeit, so braucht die BIBER-Entrindung im mittleren und oberen Stammteil etwa 1/2, beim Stammfuß sogar nur 1/3 der Handentrindungszeit je laufenden Meter. Die Maschinenentrindung ist besonders überlegen bei hohen Durchmessern, doch auch bei den geringeren Durchmessern des Kronenbereiches hat sie einen geringeren Zeitverbrauch. Erst unter etwa 15 cm ist die Handentrindung zeitlich überlegen.

Für einen Verfahrensvergleich müssen das Anwerfen der Maschine, der Rückweg am Stamm und das Wenden noch zugerechnet werden. Die Ergebnisse des Versuches mit gepoldertem Holz sind in Tabelle 2 zusammengefaßt, jeder Stamm ist einzeln entrindet (vergl. auch Abb. 11 a und b).

Das Anwerfen der Maschine und Herantreten an den Stamm benötigt 0,5 min je Stamm und ist bei der Zeit für die Maschinenentrindung enthalten. Die Entrindungszeit je Stamm ergibt sich aus der Summe der Sektionszeiten. Für den Vergleich sind bei der Maschinenentrindung die Werte beider Arbeiter, bei der Handentrindung nur die des Arbeiters W, herangezogen. Die Maschinenentrindung benötigt etwa 1/2 der Handentrindungszeit je Stamm.

Bei der Maschinenentrindung wird der Stamm in drei, bei der Handentrindung in zwei Teilen entrindet. Beim einzelstammweisen Entrinden folgt jedes Mal ein Laufweg zurück am Stamm, bei der Maschinenentrindung also drei, bei der Handentrindung zwei Wege. Der Arbeiter kann für den Rückweg auch die Maschine mit laufendem Motor auf den Stamm aufsetzen und den hinteren Griff anheben. Gibt er etwas Gas, dann zieht sich die Maschine mit dem laufenden Fräskopf auf dem Stamm selber voran.

Ebenso muß bei der Maschinenentrindung der Stamm zweimal, bei der Handentrindung einmal gewendet werden. Die gepolderten Stämme sind für die Untersuchung auseinandergezogen, liegen

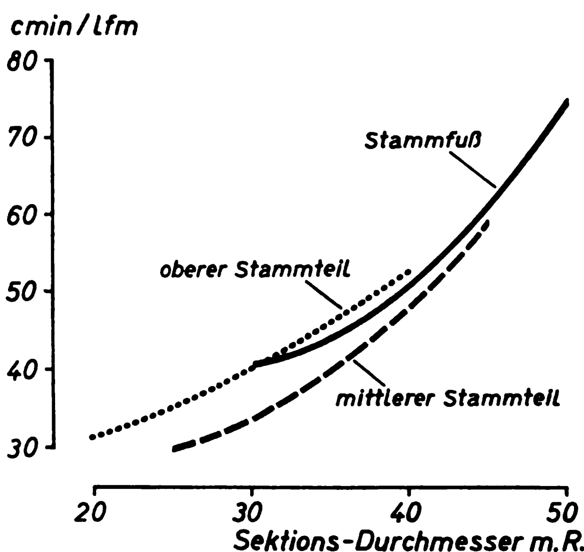



Abb. 8
Zeitverbrauch für das Entrinden
in verschiedenen Stammregionen (BIBER-Jonsereds)

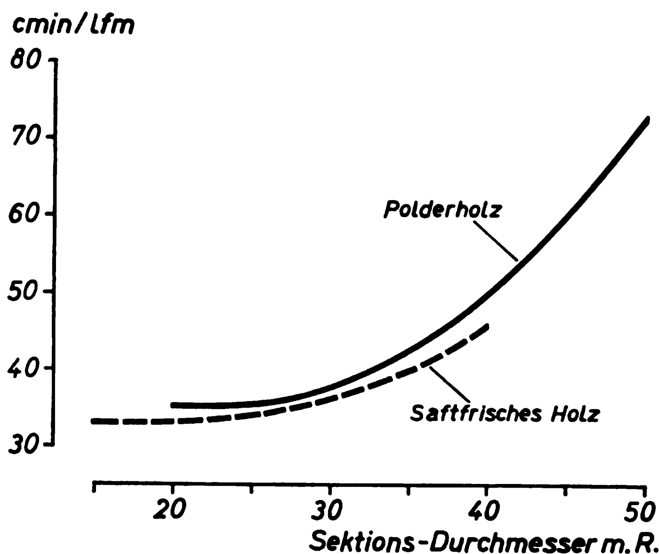



Abb. 9
Zeitverbrauch für das Entrinden von Holz
mit saftfrischer und angetrockneter Rinde (BIBER-Jonsereds)

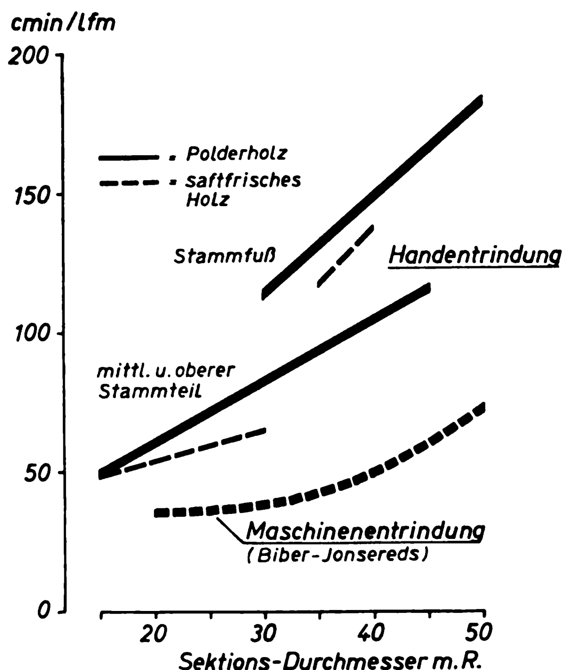



Abb. 10
Zeitverbrauch für die Handentrindung in Abhängigkeit von der Rindenbeschaffenheit — Vergleich zur Maschinenentrindung

aber manchmal so nahe beieinander, daß sie das Wenden behindern. Bei starken Stämmen muß oft ein zweiter Arbeiter helfen. Die Auswertung erfolgt je Wendevorgang; bei der Maschinenentrindung ist der zweifache Wert zugrunde gelegt.

Beim gesamten Entrindungsvorgang einschließlich Laufweg und Wenden ist die Zeiteinsparung durch die Maschine nicht mehr so groß wie bei der Entrindungstätigkeit allein, weil Laufweg und Wenden einmal mehr als im Handverfahren ausgeführt werden. Die Zeiteinsparung liegt bei 25 bis 35 %; bei Stämmen mit Durchmessern von 20 cm beträgt sie noch 30 %.

Das Entrinden beansprucht den größten Teil der Handentrindungszeit (Abb. 11 a); Laufweg und Wenden sind je nach Stamminhalt mit 8 bis 16 % an der Gesamtzeit beteiligt. Bei der Maschinenentrindung hat zwar das Entrinden ebenfalls den höchsten Zeitanteil (Abb. 11 b), doch ist auch das Wenden zeitaufwendig; es nimmt mit dem Stamminhalt zu und beansprucht bei einem Stamm von 2,5 fm mehr als 1/3 der Gesamtzeit.

### *Wirksamkeit der Schälbewegung*

Um die Wirksamkeit der Entrindungsarbeit beurteilen zu können, sind zusätzlich in jedem Drittel und in jeder Sektion stichprobenweise die Anzahl der Schälzüge und die Länge und Breite des Schälfeldes gemessen worden. Die Länge des Schälfeldes und damit auch die Länge des einzelnen Schälzuges liegt zwischen 100 und 150 cm (Arbeiter W im Mittel 119 cm, Arbeiter S 127 cm). Am Stammfuß und im oberen Stammteil ist sie kürzer als im mittleren Teil, weil dicke und rauhe Rinde bzw. unebene und beulige Stammoberfläche die Maschinenführung begrenzen.

Die Anzahl der Schälzüge nimmt mit dem Durchmesser ab, ebenso die mittlere Breite des einzelnen Schälzuges, errechnet aus Schälfeldbreite und Anzahl der Schälzüge.

Tabelle 2
**Gesamtzeit für Entrindungsverfahren**
(Reine Arbeitszeit in Minuten je Stamm, nicht auf Normalzeit umgerechnet)

| Stamminhalt fm m. R. | Entrinden | Laufweg | Wenden | Zusammen |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| a) *Maschinenentrindung* (BIBER-Jons.) | | | | |
| 0,5 | 5,2 | 1,1 | 0,3 | 6,6 |
| 1,0 | 6,8 | 1,1 | 2,1 | 10,0 |
| 1,5 | 8,5 | 1,1 | 4,0 | 13,6 |
| 2,0 | 10,1 | 1,1 | 5,8 | 17,0 |
| 2,5 | 11,7 | 1,1 | 7,7 | 20,5 |
| b) *Handentrindung* | | | | |
| 0,5 | 8,6 | 0,7 | 0,1 | 9,4 |
| 1,0 | 13,9 | 0,7 | 1,1 | 15,7 |
| 1,5 | 18,1 | 0,7 | 2,0 | 21,4 |
| 2,0 | 21,1 | 0,7 | 2,9 | 24,7 |
| 2,5 | 23,1 | 0,7 | 3,8 | 27,6 |

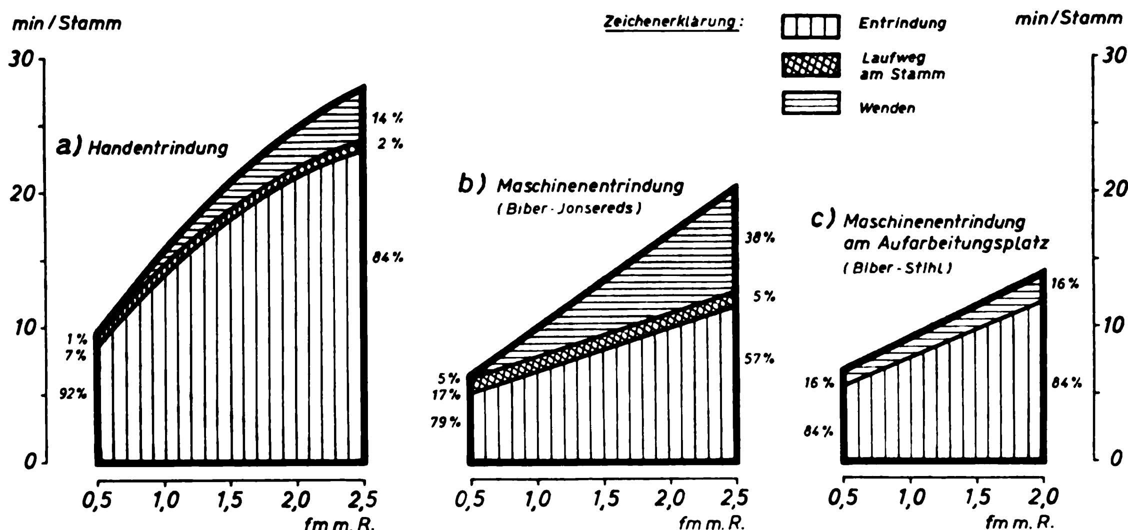



Abb. 11
Zeitverbrauch für das Entrinden von Fichten-Stammholz mit Angabe der Teilzeiten
a) Handentrindung von Polderholz
b) Maschinenentrindung von Polderholz (BIBER-Jonsereds)
c) Maschinenentrindung am Aufarbeitungsplatz (BIBER-Stihl)

Tabelle 3
**Wirksamkeit und Leistung der Schälbewegung**

| Sektions-durchmesser (cm) | Schälzugbreite errechnet (cm) W | S | Schälfläche je Schälzug ($cm^2$) W | S | Arbeiter S im Verhältnis zu W (W = 100 %) Schälzug-breite | Schäl-fläche | Leistung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 20 | 7,0 | | 772 | | | | 104 |
| 25 | 7,6 | 7,9 | 877 | 973 | 104 | 111 | 99 |
| 30 | 8,2 | 9,0 | 981 | 1136 | 110 | 116 | 96 |
| 35 | 8,8 | 10,1 | 1086 | 1300 | 115 | 120 | 98 |
| 40 | 9,4 | 11,1 | 1190 | 1464 | 118 | 123 | 101 |
| 45 | 10,0 | | | | | | 106 |
| 50 | 10,6 | | | | | | |

Als Ursache kann die unvollständige Ausnutzung des Fräsmessers (Breite 16 cm) bei schwachen Durchmessern durch die geringere Auflagefläche der Messerwölbung angenommen werden. Die errechnete Schälzugbreite ist bei den Arbeitern verschieden (Tab. 3, Sp. 2 + 3); neben der Messerausnutzung kann aber auch ein Übereinanderliegen der Schälbahnen an ihren Rändern die Ursache sein.

Rechnet man aus der theoretischen Schälzugbreite und der Länge des Schälfeldes die Fläche aus, die mit einem Zug entrindet wird (Sp. 4 + 5), vergrößert sich der Unterschied zwischen den Arbeitern (Sp. 6 bzw. 7). Daraus darf aber nicht auf einen ebenso hohen Leistungsunterschied geschlossen werden, da die Arbeitsgeschwindigkeit, also die Anzahl der Schälzüge in einer Zeiteinheit, als weitere Komponente hinzutritt. Der Leistungsvergleich zeigt nämlich nur unerhebliche Differenzen (Sp. 8).

Um eine gute Leistung zu erreichen, muß bei der Einweisung der Arbeiter darauf geachtet werden, daß die Messerbreite möglichst weitgehend ausgenutzt wird. Bei schwachem Holz ist es zweckmäßig, die Maschine etwas schräg zur Arbeitsrichtung zu führen; die schrägangreifenden Messer erhöhen die wirksame Auflagefläche und daher auch die Schälbreite. Ebenso sollen die Schälbahnen nebeneinander gelegt werden und sich möglichst wenig überdecken. Schälzuglänge und Geschwindigkeit sind individuell verschieden. Arm- und Körperlänge sollen ausgenutzt werden, doch ist der eingenommene Standplatz bis zum Entrinden des folgenden Schälfeldes beizubehalten.

Bei Versuchseinsätzen in der Schweiz wurden Leistungen zwischen 3,5 fm (20 cm Stammdurchmesser) und 6 fm/Stunde (50 cm) ermittelt (1). Werden für Rüst-, Verteil- und Erholzeit 30 % der reinen Arbeitszeit angenommen und den Versuchswerten von Niendorf zugezählt, ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen in der Schweiz.

**Maschinenentrindung auf dem Aufarbeitungsplatz**

(Ergebnisse der Untersuchung in Linau)

Der Stamm wird im Bestand gefällt, im Untersuchungsfall (Windwurf) vom Stock getrennt (Abb. 12). Nachdem die Oberseite entastet und der Stamm abgezopft ist — das schwere Wenden im Walde entfällt also — rückt der Schlepper die Stämme zum Aufarbeitungsplatz, zieht sie auf Unterlagen und legt sie mit Zwischenabständen ab (Abb. 13). Der Aufarbeitungsplatz soll ausreichend Raum für das Ablegen mehrerer Stämme zum fortlaufenden Entrinden und für das Lagern des angefallenen Holzes bieten sowie abfuhrgünstig liegen. In der Untersuchung ist der Stamm gesundgeschnitten und das gesunde, nicht entrindete Schichtholz gespalten und gebündelt. Dann sind die Stämme paarweise entrindet, der eine aufwärts, der andere abwärts (vgl. Abb. 7).

Bei der Untersuchung wurde auf durchgehende Tageszeitstudien verzichtet und nur der jeweils mit der Entrindung beschäftigte Arbeiter beobachtet (Tab. 4, Abb. 11 c). Das Anlassen der Ma-

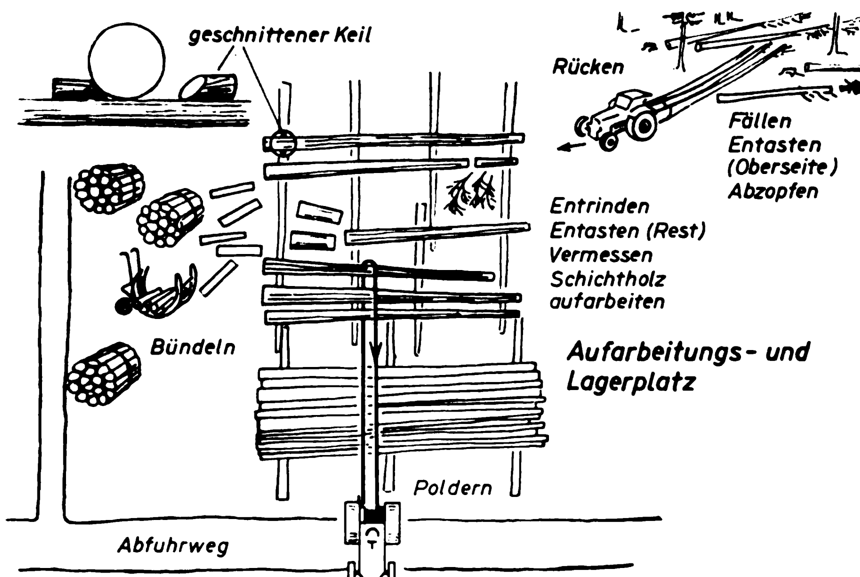



Abb. 12
Arbeitsverfahren mit Aufarbeitung und Entrindung auf dem Aufarbeitungsplatz

Tabelle 4
**Maschinenentrindung auf dem Aufarbeitungsplatz**
(BIBER-Stihl, reine Arbeitszeit in Minuten je Stamm, nicht auf Normalzeit umgerechnet)

| Stamm-inhalt fm m. R. | Entrinden normal | erschwert | Wenden | Zusammen normal (2 + 4) | erschwert (3 + 4) | Nachträgliches Entasten | Vermessen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0,5 | 5,8 | | 1,1 | 6,9 | | 0,9 | 1,0 |
| 1,0 | 7,8 | 10,7 | 1,5 | 9,3 | 12,2 | 1,4 | 1,0 |
| 1,5 | 9,8 | 13,0 | 1,8 | 11,6 | 14,8 | 1,8 | 1,0 |
| 2,0 | 11,9 | 15,3 | 2,2 | 14,1 | 17,5 | 2,3 | 1,0 |
| 2,5 | | 17,6 | 2,5 | | 20,1 | 2,7 | 1,0 |

schine und Herantreten an den Stamm tritt nur jeweils am ersten Stamm auf, beim zweiten Stamm ist es das Ausschalten und Abstellen der Maschine; die Zeit ist in der Entrindungszeit enthalten. Die Maschine kann auch mit laufendem Motor auf dem vorderen Bügel abgestellt werden. Dann entfällt das erneute Anwerfen der Maschine für das Entrinden des nächsten Stammpaares.

Der Rindenzustand ist sehr unterschiedlich, weil die Stämme im Freien oder Bestandesschatten lagern und aus zwei Windwürfen stammen. Die Rinde von saftfrischen Stämmen wickelt sich häufig in langen Bahnen um den Fräskopf; ihr Abwickeln ist kraft- und zeitaufwendig. Tritt eine solche Erschwernis häufiger am Stamm auf, ist er getrennt von den anderen ausgewertet (Sp. 2 und 3). Der Zeitmehrbedarf liegt bei 37 % (1 fm) bis 29 % (2 fm) bzw. wenn in die Gesamtzeit das Wenden hineingenommen wird 30 bis 24 % (Sp. 5/6). Durch die Unterlagen erfolgt das Entrinden in einer günstigen Arbeitshöhe (Abb. 14), was sich besonders erleichternd beim Ausführen des ersten und letzten Schälzuges in jedem Schälfeld auswirkt (vgl. Abb. 3 und 6). Ebenso erleichtern die Unterlagen das Wenden (Abb. 15); auch stärkere Stämme, mit Ausnahme stark gekrümmter, können von einem Arbeiter ohne Schwierigkeiten gewendet werden. Geschnittene Holzkeile verhindern ein Zurückrollen der Stämme und damit zusätzliche Wendearbeit. Auch das Wenden erfolgt paarweise; die Teilarbeit enthält beim ersten Stamm das Ergreifen des Wendehakens und das Wenden, beim zweiten das Wenden und das anschließende Ablegen des Werkzeuges (Sp. 4).

Der am Fällort nicht entastete Stammteil wird entastet, sobald er durch das Wenden erreichbar ist. Der Waldarbeiter zieht meist dabei die Axt der Motorsäge vor, weil Sand und Erde sich beim Rücken in der Rinde festgesetzt haben und die Sägeketten beschädigen könnten. Es wird meist einzelstammweise entastet, da selten bei beiden Stämmen gleichzeitig die betreffende Seite erreichbar ist (Sp. 7). Nach dem Entrinden wird die Stammitte gemessen und für die Durchmesserermittlung markiert (Sp. 8). Wenn das Vermessen des ganzen Stammes nicht im entrindeten Zustand erfolgen kann, wäre ein Vermessen in Rinde mit Abzug der Rindenstärke zu überlegen.

Eine *Aufnahme aller Arbeitsplätze* der Aufarbeitungsreihe vom Fällort bis zum Aufarbeitungsplatz ist nicht erfolgt. Zwischen den Arbeitsplätzen „Fällort", „Schlepper" und „Aufarbeitungsplatz" besteht ein Abhängigkeitsverhältnis. Dadurch können Wartezeiten entstehen, die sich besonders auf die Schlepperkosten nachteilig auswirken. Eine gute Organisation des Ablaufes ist für eine reibungslose, leerlauffreie und kostengünstige Arbeit Voraussetzung. Sie wird durch wechselnde Verhältnisse hinsichtlich Holzart, Aufarbeitungsgrad, Holzsorte, Rückeentfernung, Leistungshöhe der Arbeiter u. a. erschwert. Die Nachteile der gekoppelten Arbeitsplätze können vermindert werden, wenn am Aufarbeitungsplatz ein größerer Vorrat für die Entrindung bereitgestellt wird. Der Schlepper ist beim Rücken, Zurechtlegen und Poldern nicht ausgelastet, so daß sein Einsatz auf ein bis zwei Einsatzzeiten am Tag konzentriert werden kann. Für die



Abb. 13
Aufarbeitungsplatz mit Unterlagen — Stämme zum Entrinden abgelegt



Abb. 14
Günstige Arbeitshöhe beim Entrinden durch untergelegte Stämme

restliche Zeit muß eine weitere Beschäftigung in der Umgebung vorgesehen werden.

Ein exakter *Verfahrensvergleich* für das Entrinden im Bestand (Niendorf) und auf dem Aufarbeitungsplatz (Linau) ist nicht möglich, weil verschiedene Maschinenmodelle verwendet wurden und eine Zeitbeeinflussung durch die unterschiedliche Rindenbeschaffenheit nicht ganz auszuschließen ist. Im Versuch Linau ist bei schwachen Stämmen die Gesamtzeit gleich, bei stärkeren zunehmend niedriger als bei denen der Untersuchung Niendorf. (Tab. 2 Sp. 5 bzw. Tab. 4 Sp. 5). Der Laufweg am Stamm zurück wird am Aufarbeitungsplatz eingespart, weil meist die Stämme paarweise entrindet werden können. Die Wendezeiten auf den Unterlagen sind mit der Stärke des Holzes zunehmend niedriger als beim Polderholz auf dem Waldboden (Abb. 15). Dagegen sind die Entrindungszeiten mit der BIBER-Stihl um etwa 15 % höher als mit der BIBER-Jons. Dieser Unterschied ist nicht gesichert, doch ist eine niedrigere Leistung der schwächeren Entrindungsmaschine nicht auszuschließen.

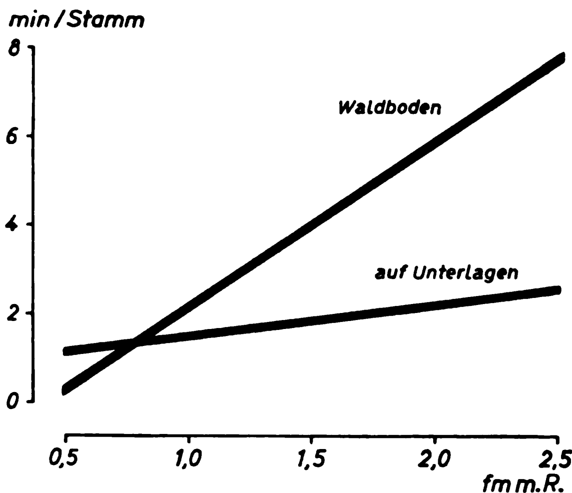



Abb. 15
Vergleich des Zeitverbrauches für das zweimalige Wenden bei der Maschinenentrindung auf Waldboden und auf Unterlagen am Aufarbeitungsplatz

Ein Rückschluß auf die erforderlichen *Rüst-, Verteil- und Erholzeiten* aufgrund der kurzen Untersuchung ist nicht möglich. An sachlich bedingten Verteilzeiten traten 7 % durch die Entrindungsmaschine, 6 % durch den Aufarbeitungsplatz und 2 % durch andere Umstände auf. Für Angaben über Rüstzeiten, persönlich bedingte Verteilzeiten und Erholzeiten fehlen Ganztagsstudien.

### Beurteilung der Arbeit und Schälqualität

Die Schälmaschine ist robust gebaut. Bei der harten und ununterbrochenen Benutzung im Versuchseinsatz von 2 Wochen in Niendorf und 10 Tagen in Linau trat kein Schaden am Entrindungsaggregat auf; lediglich das Anwerfseil riß einmal. In der folgenden Hauungsperiode trat beim Entrinden von über 1000 fm gefrorenem Holz außer einem Riß an der Verbindungsplatte kein Schaden auf. Die Platte ist inzwischen geändert und an den Verschraubungen mit Gummizwischenlagern ausgestattet. Auch die Messer halten die Schärfe gut. Obwohl bei der Untersuchung gerücktes Holz und angetrocknete und oft harte Rinde entrindet wurde, war nur ein gelegentliches Abziehen der Messer notwendig. Ein Nachschleifen ist im allgemeinen nach etwa 500 - 600 fm erforderlich.

Angetrocknete Rinde und das Entrinden bei Frost haben auf den Zeitaufwand einen geringeren Einfluß als bei der Handentrindung, doch scheint die leistungsschwächere BIBER-Stihl etwas mehr als die BIBER-Jons. auf die Rindenbeschaffenheit zu reagieren. Für eine Forstverwaltung war die Lieferung von Fichten-Rammpfählen nur möglich, weil mit der BIBER-Stihl gefrorenes Holz entrindet werden konnte. Bei einer Gesamtmenge von 219 fm, mittlerer Stamminhalt 1,5 fm, Mittendurchmesser 30 cm und mehr, betrug die Leistung für das Entrinden 3,1 fm je Stunde.

Die verstellbaren Messer erlauben eine Anpassung an die Rindenbeschaffenheit: Bei Frost oder starker Rinde müssen sie weiter aus dem Fräskopf herausragen, bei dünner Rinde weniger. Wechselt die Rindenbeschaffenheit am Stamm, ist eine mittlere Stellung zweckmäßig; die starke und harte Rinde am Stammfuß läßt sich auch dann gut entrinden. In extremen Fällen muß gegebenenfalls die Maschine ein zweites Mal über die gleiche Bahn geführt werden. Bei dünner Rinde neigt die Maschine dazu, auch Teile des Splintholzes abzuraspeln; der Fräskopf muß dann durch Druck auf den hinteren Handgriff entlastet werden. Auch der beulige, obere Stammteil läßt sich gut entrinden. Die Maschine läuft unruhiger über den beuligen Teil, doch werden die Stöße auf das rotierende Messer durch den Keilriemen weitgehend aufgefangen. Ein stammebenes Entasten ist zu empfehlen, es ist aber nicht notwendig, die Äste „aus der Pfanne" zu hauen. Der Fräskopf frißt sich an Aststummeln oder Beulen nicht fest; ein Abfräsen wäre sogar möglich, wegen des hohen Zeitverbrauches aber unzweckmäßig.

Die Schälqualität ist gut. Durch einen entsprechenden Abstand der Schälzüge kann der Entrindungsgrad (gestreift, schmale verbleibende Rindenstreifen, vollständiges Entrinden) bestimmt werden. Werden die Messer weiter herausgestellt, kann auch weißgeschält werden. Zwischen den Beulen wird die Rinde ausreichend beseitigt. Bei saftfrischem Holz wickelt sich die Rinde gelegentlich in Streifen um den Fräskopf. Sind die Streifen nicht zu lang, werden sie vom Fräskopf weggeschleudert, wenn man die Maschine anhebt und Gas gibt. Bei langen Rindenstreifen muß die Maschine abgestellt und der Streifen herausgewickelt werden. In diesem Fall empfiehlt es sich, wenn nicht das Entrinden mit Handschäleisen vorgezogen wird, in Arbeitsrichtung gesehen vorwärts zu arbeiten; die sich lösenden Rindenstreifen können dann nicht länger als der Schälzug selber sein und lassen sich durch Gasgeben vom Fräskopf wegschleudern. Jetzt ist ein neuer Fräskopf entwickelt, bei dem diese Schwierigkeiten nicht mehr auftreten sollen.

### Arbeitsphysiologische Untersuchungsergebnisse

Um ein Gerät, wie die Entrindungsmaschine BIBER, richtig beurteilen zu können, sind arbeitsphysiologische Untersuchungen unerläßlich, da über den Einsatz und seine Grenzen nicht nur die reine Leistung des Gerätes entscheiden kann, sondern auch die Belastung des Arbeiters eine Rolle spielen muß.

#### *Pulsfrequenzmessungen*

Um einen Überblick über die Belastungshöhe zu erhalten, sind mit der BIBER-Stihl an drei verschiedenen Tagen mit zwei Waldfacharbeitern Pulsmessungen durchgeführt und an diesen drei Tagen insgesamt 465 Minuten reiner Arbeitszeit mit dem Gerät registriert.

Da die Arbeit mit dem Gerät, ähnlich wie bei der Motorsäge, einen recht hohen Anteil statischer Haltearbeit aufweist, war die Messung der Kreislaufbelastung mit Hilfe der kontinuierlichen Pulsregistrierung allen anderen Methoden vorzuziehen. Die Arbeit muß in sehr ungünstiger Körperstellung durchgeführt werden. Der Arbeiter beugt sich beim Entrinden der abgewendeten Seite über den Stamm (Abb. 3 und 6), bei der ihm zugewendeten Seite drückt er das Gerät gegen den Stamm (Abb. 4).

Die Versuche wurden durchgeführt mit den Waldfacharbeitern

W. 38 Jahre alt, LPI 3,27
S. 29 Jahre alt, LPI 3,01.

Wie der Leistungspulsindex (LPI) ausweist, handelt es sich bei beiden um gut durchschnittlich leistungsfähige Männer. Beide waren mit der Waldarbeit vollkommen vertraut und mit dem Gerät seit mehreren Wochen eingearbeitet.

Die Versuche wurden beim Entrinden von Einzelstämmen auf dem Waldboden und beim paarweisen Entrinden auf dem Aufarbeitungsplatz — wie oben beschrieben — durchgeführt. Belastungsmäßig zeigen sich zwar Unterschiede, für deren Signifikanz jedoch die durchgeführten Untersuchungen nicht ausreichen.

Die Ergebnisse, getrennt nach den Arbeitsgängen für Schälen und Wenden, sind in Tabelle 5 angegeben.

Abb. 16 gibt einen Ausschnitt der Pulskurven aus beiden Arbeitsverfahren wieder. Wenn auch die Gesamtbelastung sich nicht wesentlich unterscheidet, scheint das erste Verfahren, bei dem ein Stamm ganz geschält wird, bevor der zweite in Angriff genommen wird, durch die geringere Belastung in der Zeit des Gehens und Wendens physiologisch vielleicht etwas günstiger zu sein, als das andere Verfahren mit gleichzeitiger Bearbeitung von zwei Stämmen. Dafür spricht auch der angedeutete Verlauf der Erholungspulssumme, der bei dem ersten Verfahren günstiger ist.

Grundsätzlich ist die Belastung des Kreislaufs und damit die zu erwartende Ermüdung durch das Gerät recht hoch. Es wird einer sehr ausgefeilten Arbeitsablaufgestaltung und Pausenanordnung bedürfen, um mit dem Gerät längere Zeit arbeiten zu können, insbesondere, wenn es zusätzlich zur Motorsäge als Zweitgerät verwendet wird.

### *Lärmbelastung*

In Abb. 17 ist eine Lärmanalyse der BIBER-Stihl einer Analyse der Motorsäge Stihl 08 S gegenübergestellt. Im Gesamtpegel ergibt sich eine Belastung von 112 - 113 DIN Phon mit Spitzenwerten von 109 bzw. 110 DIN Phon im Bereich 1000 bzw. 5000 Hz.

Offensichtlich wird das Geräusch des Auspuffs des Motorkopfes (trotz Wegfalls des Geräusches der Sägekette) durch den Schälvorgang so stark verstärkt, daß die Lärmbelastung noch wesentlich über dem der Motorsäge liegt.

Da die zulässige Lärmgrenze für einen Dauereinsatz bei 90 DIN Phon festgelegt ist, ergibt sich hier eine bedeutende Überschreitung dieses Höchstwertes. Um das Gerät ohne Schäden für den Bedienungsmann einsetzen zu können, wird es, wie auch bei den Überlegungen zur Kreislaufbelastung, einer sehr genauen Regelung des Arbeitsablaufes bedürfen, insbesondere im Hinblick auf

Tabelle 5
**Ergebnisse der Pulsfrequenzmessung**

| | Arbeiter S | Arbeiter W |
|---|---|---|
| Entrinden: | | |
| Mittl. Erhöhung insgesamt: | 124 Pulse/min | 124 Pulse/min |
| Mittl. Erhöhung über Ruhe | 55 Pulse/min | 64 Pulse/min |
| Wenden: | | |
| Mittl. Erhöhung insgesamt: | 117 Pulse/min | 118 Pulse/min |
| Mittl. Erhöhung über Ruhe | 47 Pulse/min | 57 Pulse/min |
| Entrinden und Wenden insgesamt, durchschnittliche Erhöhung: | | |
| PSWA (Pulssumme während der Arbeit) | 121 Pulse/min | 117 Pulse/min |
| EPS (Erholungspulssumme) | 91 Pulse/min | 81 Pulse/min |
| APS (Arbeitspulssumme) | 212 Pulse/min | 198 Pulse/min |

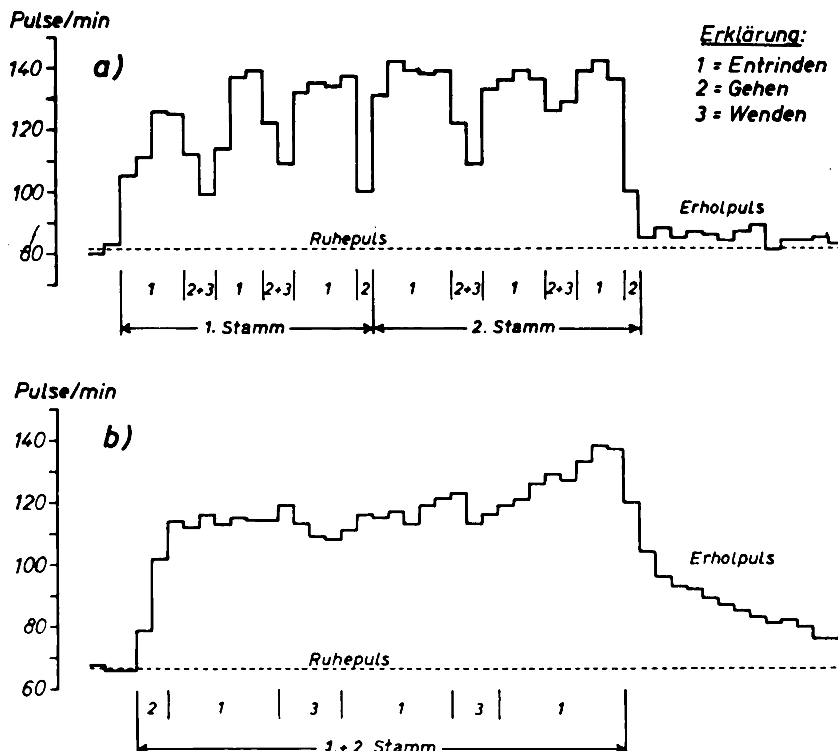



Abb. 16
Ausschnitt aus Pulskurven beim Entrinden mit BIBER-Stihl für zwei Stämme:
a) Entrinden auf dem Waldboden, einzelstammweise
b) Entrinden auf dem Aufarbeitungsplatz mit Unterlagen, paarweise

die zusätzliche Motorsägenarbeit auch in der näheren Umgebung des Arbeitenden, um die bekannten Lärmschädigungen vor allem vegetativer und somatischer Art zu vermeiden.

### *Vibration*

Als Maßstab für die bei der Arbeit mit dem Gerät auftretenden Schwingungen wurde die Schwingkraftübertragung (4) gemessen. Der in erprobten Metallgummigriffen gelagerte Stihlmotor zeigte hierbei Werte für die rechte Hand zwischen 3 - 5 kp Schwingkraftübertragung, und für die linke Hand von zwischen 2 - 6 kp Schwingkraftübertragung. Damit liegt die Belastung innerhalb der Grenzen, die nach dem Maßstab für die Vibrationsbelastung an Motorsägen mit 10 kp Schwingkraftübertragung für länger andauernde Arbeiten gesetzt wurden, und es ist nach den bisherigen Erfahrungen nicht anzunehmen, daß nur von den Vibrationswirkungen ausgehend gesundheitliche Nachteile für den

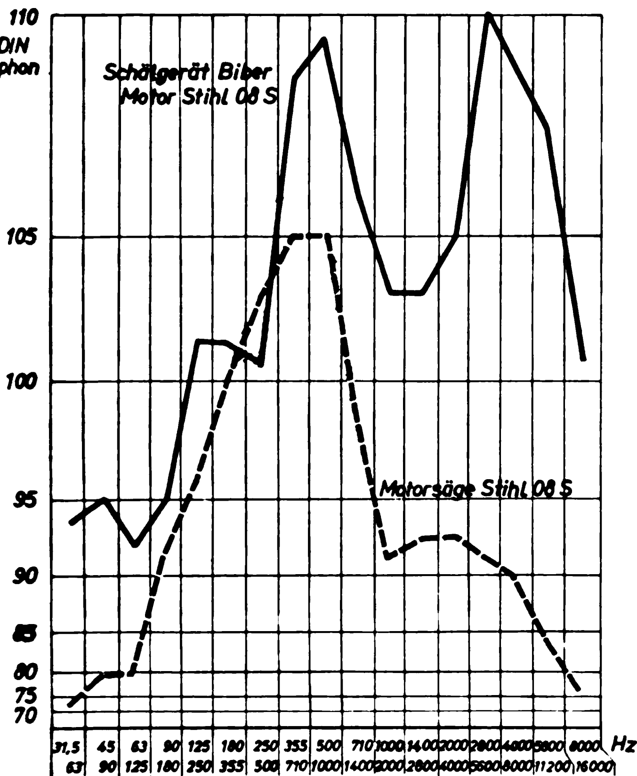



Abb. 17
Lärm-Analyse der Entrindungsmaschine BIBER-Stihl
Vergleich mit Motorsäge Stihl 08 S

mit dem Gerät Arbeitenden enstehen werden. Immerhin ist bei der hohen Lärmbelastung durch das Gerät auch eine geringe Vibrationsbelastung bei den Überlegungen für den Einsatz des Gerätes nicht ganz zu vernachlässigen, da sie in gleicher Richtung negativ wirkt.

### *Folgerungen für den praktischen Einsatz*

Alle Untersuchungen zeigen, daß das Gerät vom arbeitsphysiologischen und ergonomischen Standpunkt aus nicht sehr günstig ist. Neben einer erheblichen statischen Belastung, die sich in einer hohen Kreislaufbelastung auswirkt und etwa 20 - 35 % über der als zulässig erkannten Dauerleistungsgrenze liegt, zeigen sich besonders starke Lärmerscheinungen, die eine Verwendung über mehrere Stunden am Tage hinweg fraglich erscheinen lassen.

Wenn auch der Zeitverbrauch durch die Maschinenentrindung verkürzt wird, bedeutet der Einsatz der BIBER gleichzeitig, daß zusätzlich zur Motorsäge ein weiteres Motorgerät bei der Aufarbeitung des Holzes eingesetzt wird, so daß dann bei den meisten und längsten Teilarbeiten Fällen, Entästen, Entrinden und Einschneiden Motorgeräte verwendet werden. Es verbleiben nur noch wenige und kurze Teilarbeiten für reine Handarbeiten: Vermessen und Wenden bei der Langholzaushaltung, Rücken, Setzen und ggf. Spalten bei der Schichtholzaufarbeitung. Hinzu kommt das Entästen, soweit es mit der Axt ausgeführt wird.

Soll das Gerät über längere Zeit eingesetzt werden, wird eine sehr genaue Analyse des Arbeitsablaufes mit den entsprechenden Belastungszeiten nötig sein, um einen zweckmäßigen Wechsel zwischen Arbeit und Pause, also Belastung und Entlastung, zu erreichen, der ggf. auch auf Kosten einer höheren Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der Maschine aufrecht erhalten werden müßte.

Um die Belastung des Arbeiters möglichst niedrig zu halten, sollen Teilarbeiten, bei welchen Maschinen verwendet werden, mit solchen ohne Maschinen wechseln. Bei der Aushaltung von Lang- und Schichtholz ist dies in einem beschränkten Umfang möglich. Bei der Aushaltung von nicht entrindetem Fichten-Langholz ist ein Wechsel kaum möglich, da die Motorsägenlaufzeit für Fällen und Entästen über 80 % der Gesamtzeit beträgt. Eine ähnliche Situation ergibt sich bei der Aushaltung von entrindetem Langholz, wenn die Entrindung mit der BIBER ausgeführt wird. Es empfiehlt sich, die Entrindungsarbeiten in Zeitabständen von etwa einer Stunde im Falle einer Einmannarbeit mit den Motorsägearbeiten abwechselnd auszuführen, im Falle einer Zweimannarbeit die Arbeitsplätze zu wechseln. Beim Entästen könnte in solchen Fällen verstärkt die Axt eingesetzt werden, wenn die Motorsäge keinen Vorteil bringt.

### Wirtschaftlichkeitsberechnung

Für die *Kostenberechnung* der Entrindungsmaschine BIBER stehen keine genauen Erfahrungssätze zur Verfügung, so daß Schätzwerte im Anhalt an vergleichbare Maschinen zugrunde gelegt werden.

Unterstellt man für die Kalkulation als Anschaffungskosten der BIBER-Stihl 1094,— DM, eine normale Nutzungsdauer von 2000 BStd. für die Maschine und eine von 1000 BStd. für einen Satz Messer (Preis 83,— DM), für die technische Veraltung 5 Jahre, Zinsfuß 7 %, Treibstoffverbrauch 1,6 l / BStd., Gemischpreis (1 : 25) 0,70 DM / l, sowie eine Reparaturkostenquote von 0,8, dann ergeben sich Maschinenkosten von etwa 2,60 DM / BStd. bei 200 und 2,20 DM / BStd. bei 400 Betriebsstunden im Jahr.

Für einen *Kostenvergleich* ist die Aufarbeitung am Fällort als das in der Praxis übliche Verfahren angenommen. Für Handentrindung sind die Werte vom Entrinden des Polderholzes (Tab. 2), für Maschinenentrindung als Entrindungszeiten die Werte für BIBER-Stihl (Tab. 4, Sp. 2), für Wenden (Tab. 2, Sp. 4) angesetzt. Ein Laufweg wird bei $^{2}/_{3}$ aller Stämme angenommen, $^{1}/_{3}$ soll paarweise entrindet werden (Tab. 2, Sp. 3). Es wird ein gleicher Leistungsgrad für alle Teilarbeiten, ein Zuschlag für Rüst-, Verteil- und Erholungszeiten von 30 % und als Lohnkosten 8,50 DM / Std. (Verdienst etwa 5,— DM zuzüglich 70 % Sozialaufwendungen) zugrunde gelegt. Dieser Vergleich (Tab. 6) ist nur unter Vorbehalt möglich, weil Untersuchungen unter diesen Bedingungen nicht erfolgten, hinsichtlich des Leistungsgrades zwischen den Teilarbeiten Verschiebungen möglich sind und der Zuschlag für allgemeine Zeiten ein angenommener Wert ist. Die Maschinenentrindungskosten liegen etwa 10 bis 15 % unter denen der Handentrindung; die uneinheitliche Tendenz (Sp. 8) beruht auf dem linearen Ausgleich bei der Entrindung mit der Maschine und einem nichtlinearen bei der Handentrindung. Bei saftfrischem

Tabelle 6
**Entrindungskosten**
(Zeitwerte, nicht auf Normalzeit umgerechnet)

| Stamminhalt fm m. R. | *Handendrindung* | | | *Maschinenentrindung* | | | % der Hand-entrindung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | min/Stamm | DM/Stamm | DM/fm | min/Stamm | DM/Stamm | DM/fm | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0,5 | 9,4 | 1,33 | 2,66 | 6,9 | 1,22 | 2,44 | 92 |
| 1,0 | 15,7 | 2,22 | 2,22 | 10,7 | 1,84 | 1,84 | 83 |
| 1,5 | 21,4 | 3,03 | 2,02 | 14,6 | 2,48 | 1,65 | 82 |
| 2,0 | 24,7 | 3,50 | 1,75 | 18,5 | 3,11 | 1,56 | 89 |

Holz würde die Überlegenheit der Maschinenentrindung schrumpfen und nur noch eine geringfügige Differenz verbleiben.

## Zusammenfassung

1. Das Entrinden von Fichten-Stammholz mit der Entrindungsmaschine BIBER läßt Zeiteinsparungen von etwa 1/3 der Handentrindungszeit erwarten. Die Maschinenentrindung ist von Durchmessern ab etwa 15 cm überlegen.

2. Die Rindenbeschaffenheit hat einen geringen Einfluß auf die Entrindungszeit. Mit der Entrindungsmaschine können Stämme mit angetrockneter und gefrorener Rinde entrindet werden.

3. Beim Entrinden von gepoldertem Holz liegen die Entrindungskosten (Lohn- und Maschinenkosten) etwa 10 bis 15 % unter den Kosten der Handentrindung. Bei saftfrischem Holz wird der Unterschied geringer.

4. Unterlagen auf einem Aufarbeitungsplatz ermöglichen eine günstige Arbeitshöhe beim Entrinden und erleichtern das Wenden. Unnötige Laufwege entfallen, wenn die Stämme jeweils paarweise entrindet werden.

5. Die statische Belastung liegt 20 - 35 % über der Dauerleistungsgrenze. Die Lärmanalyse ergibt Höchstwerte von 109 - 111 DIN Phon, die erheblich über der zulässigen Lärmgrenze liegen. Vom arbeitsphysiologischen Standpunkt ist das Gerät daher nicht sehr günstig.

6. Die Arbeiter sollen sich möglichst oft mit der Bedienung der Entrindungsmaschine abwechseln. Ein Wechsel zwischen Hand- und Maschinenarbeiten ist anzustreben. Verbleiben in einem Verfahren nur wenige Handarbeiten, muß auf einen Wechsel mit anderen Motorgeräten (Mortorsäge) ausgewichen werden.

## Summary

Title of the paper: *Timber Debarking with the Biber.*

1. The machine is superior to hand work from 15 cm diameter and allows time savings to 30 %.

2. Bark condition has little effect on performance and dry or frozen bark can be handled.

3. Debarking of yarded timber gives savings (wages and machine costs) between 10 and 15 %, but less for freshly felled timber.

4. Supports at a yarding place give favourable work heights and ease turning. Debarking in pairs avoids unnecessary walking.

5. Static load is 20 - 35 % above endurance margin and noise is with 109 - 111 DIN phon above admissible levels. Work-physiologically the machine therefore has unfavourable features.

6. Frequent exchange of labour and alternation between machine operation and other, manual jobs is desirable. Where manual jobs are rare, alternating with power saw work may be a substitute.

E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *Ecorçage des grumes avec la machine BIBER.*

1. l'écorçage des grumes d'épicéa avec la machine BIBER permet un gain de temps d'1/3 environ par rapport à l'écorçage à la main. La machine devient supérieure à partir de diamètres de 15 cm environ.

2. la nature de l'écorce à une faible influence sur le temps d'écorçage. La machine permet de traiter des fûts ayant l'écorce sèche ou gelée.

3. pour des bois stockés le coût de l'écorçage mécanique (salaires + machine) est inférieur de 10 % à 15 % au coût de l'écorçage manuel. Pour des bois en sève la différence est plus faible.

4. l'installation de rampes sur le chantier permet de travailler à hauteur convenable pour l'écorçage et facilite les retournements. Des voies de parcours deviennent inutiles si les fûts sont toujours écorcés deux par deux.

5. l'effort statique (statische Belastung) est supérieur de 20 à 35 % à l'effort qui peut être régulièrement soutenu (Dauerleistungsgrenze). L'étude du bruit conduit à des valeurs élevées, 109 - 111 DIN Phon, dépassant largement la limite admissible. Du point de vue de la physiologie du travail, cette machine n'est donc pas très satisfaisante.

6. les travailleurs doivent utiliser tour à tour la machine, en changeant aussi souvent que possible. On doit essayer d'alterner le travail à la main et à la machine. Si le travail manuel devient trop peu important, on doit alors alterner le travail à l'écorceuse avec l'utilisation d'autres machines (scies à moteur).

J. M.

## Schrifttum

1. —: Entrinden und Weißschälen mit handgeführten Entrindungsmaschinen. Der praktische Forstwirt für die Schweiz 1969, Nr. 4, S. 151. — 2. Grammel, R.: Eine handgeführte Maschine zur Entrindung von Nadellangholz. Allgemeine Forstzeitschrift 1960, Nr. 30, S. 421. — 3. Grammel, R., Ott, J., und Steinlin, H.: Durchführung und Ergebnisse der Versuche mit der Entrindungsmaschine Römer. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1960, Nr. 7, S. 145. — 4. Kaminsky, G.: Arbeitsphysiologische Grundlagen für die Gestaltung der Forstarbeit. Mitt. d. Bundesforsch. Anst. f. Forst- und Holzwirtschaft, Nr. 46, Hamburg 1960. — 5. Ott, J.: Maschinelle Entrindung von Tannenstämmen. Der Forst- und Holzwirt 1962, Nr. 13, S. 260.

# Teilzeitstrukturen beim Holzeinschlag

## Ergebnisse der Aufarbeitung von Langnutzholz in Fichte, Kiefer und Buche beim Einsatz der Einmann-Motorsäge

Aus dem Institut für forstliche Arbeitswissenschaft der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Reinbek

(Mit 1 Abbildung, 1 Übersicht und 5 Tabellen)

Von Werner Landschütz

### I. Einleitung

Bei Zeitstudien lassen sich geschlossene Arbeitsvorgänge in einzelne Teile auflösen, die nach bestimmten Merkmalen, z. B. den Arbeiter- und Betriebsmittelzeiten, geordnet sind. Auf diese Weise wird ein heterogener Gesamtvorgang in homogene Teile zerlegt. Wiederholt sich ein Arbeitsvorgang zyklisch, können aus den Teilen Gesetzmäßigkeiten abgeleitet werden, wie z. B. die Anteile der verschiedenen Arbeiter- und Betriebsmittelzeiten an der Gesamtzeit. Die Gesetzmäßigkeiten lassen sich mathematisch-statistisch überprüfen.

Angaben über Teilzeiten finden sich im forstlichen Schrifttum recht zahlreich. Sieht man von ausländischen Autoren ab, unter denen sich z. B. für Finnland Aro, Kahala und Makkonen, für Schweden Ager und Kilander, für Norwegen Samset und Strømnes, für Holland Bol und Gerritsen, für die Schweiz Zehnder, Soom und Auer, für Österreich Hilscher und für Japan Yoneda, Nakamura, Tsuji, Watanabe und Ishi finden, so lassen sich für die Bundesrepublik Deutschland bei Handsägenarbeit z. B. Hilf-Eckert (6, 7, 8) bei Motorsägenarbeit Grammel (4), Riehle (15), v. Stackelberg (16) und Landschütz (10, 11, 14) nennen. Besonders aufschlußreich werden die Ergebnisse einer Großuntersuchung des KWF (1) sein.

Teilzeiten und die daraus abgeleiteten Strukturen sollen mehreren Zwecken dienen. Sie kennzeichnen die Arbeitsaufträge, dienen der Gestaltung von Arbeitsverfahren, zeigen wirksame Ansatzpunkte für weitere Rationalisierung und werden für die Reproduktion von Vorgabezeiten aus Leistungstafeln verwendet. Dementsprechend ist es das Ziel vorliegender Untersuchung, die Grundlagen für diese verschiedenen Zwecke bei den Hauptholzarten Fichte, Kiefer und Buche an dem mengenmäßig wichtigsten Sortiment Langnutzholz beim Einsatz der Einmann-Motorsäge darzustellen sowie die sich hierbei ergebenden Möglichkeiten und Grenzen abzustecken.

### II. Material

Die Daten stammen aus Arbeitsstudien beim Holzeinschlag mit der Einmann-Motorsäge im Oberharz, der Lüneburger Heide und der Norddeutschen Tiefebene (s. Übers. 1). Sie fanden von August 1964 bis Mai 1965 statt und erfassen schwerpunktmäßig die winterliche Einschlagszeit. Die Untersuchungen wurden grundsätzlich als Ganztagszeitstudien durchgeführt, um die tageszeitliche Schwankung der Leistung voll zu berücksichtigen.

Für die drei Holzarten Fichte, Kiefer und Buche wurden jeweils drei Serien von Beständen beobachtet, von denen vor Beginn der Aufnahme zu vermuten stand, daß Unterschiede der Arbeitsbedingungen vorliegen. Sie wurden vorwiegend als Folge der Ästigkeit und Rindenbeschaffenheit erwartet (s. Übers. 1). Jede Serie von Beständen bewegte sich vom schwachen zum stärkeren Holz, wie der Meßbereich in Übers. 1 angibt. Diese Serien werden im folgenden Straten genannt.

Der Untersuchungsumfang je Stratum ergibt sich aus der Anzahl der Bäume und hat, je nach dem Leistungsgrad des beobachteten Waldarbeiters, eine bestimmte Arbeitszeit zur Folge. Da die Anzahl der Bäume auf die Zahl der Freiheitsgrade wirkt und diese die statistischen Tests der Auswertung beeinflussen, sollte die Anzahl außerhalb der als kritisch anzusehenden Grenze von etwa 20 bis 30 liegen (11). Dies trifft für die vorliegenden Untersuchungen im wesentlichen zu (s. Übers. 1).

### III. Methode

Die Grundformel des Zeitbedarfs (11) setzt den Zeitbedarf Z in Beziehung zu den Arbeitsbedingungen A und läßt sich als Funktionsansatz wie folgt schreiben:

$$Z = f(A) \qquad (1)$$

Diese Grundformel kann erweitert werden, und zwar hinsichtlich des Zeitbedarfs und der Arbeitsbedingungen.

Übersicht 1
**Untersuchungsgrundlagen**

| Stratum | Wuchsgebiet | Forstamt | Revierförsterei | Abteilung | Zeit des Einschlags | G*) / N | Reine Arb.-zeit (min) | Bäume (N) | Meßbereich (fm m. R.) | Vermutete Hiebserschwernisse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Fi 1 | Harzhochlage | Riefensbeek | Eichelnberg | 18 | Aug. 1964 | 8 | 1872 | 52 | 0.09 – 1.22 | abholzig, grobastig, beulig |
| 2 | Lüneburger Heide | Lüß | Tilemannsort | 342 | Okt. 1964 | 6 | 1595 | 32 | 0.15 – 4.73 | grobastig, beulig |
| 3 | Nordd. Tiefebene | Koberg | Hamwarde | 49 | Mai 1965 | 2 | 582 | 28 | 0.01 – 1.64 | mittelastig, glattrind. |
| Ki 1 | Lüneburger Heide | Lüß | Tilemannsort | 342/349 | Dez. 1964 | 3 | 851 | 39 | 0.07 – 1.75 | feinastig, glattrindig |
| 2 | Lüneburger Heide | Lüß | Tilemannsort | 363 | Dez. 1964 | 1 | 253 | 12 | 0.16 – 0.92 | grobastig, grobborkig |
| 3 | Nordd. Tiefebene | Koberg | Hamwarde | 5 | Mai 1965 | 2 | 653 | 22 | 0.01 – 1.58 | mittelastig |
| Bu 1 | Nordd. Tiefebene | Koberg | Hamwarde | 80/82 | Febr. 1965 | 2 | 543 | 50 | 0.04 – 3.43 | vollholzig, feinastig |
| 2 | Nordd. Tiefebene | Koberg | Grünhof | 41/23 | März 1965 | 4 | 1075 | 60 | 0.09 – 6.01 | abholzig, starkastig |
| 3 | Nordd. Tiefebene | v. Bismarck | Aumühle | 108/130 | März 1965 | 3 | 546 | 44 | 0.08 – 3.48 | vollholzig, feinastig |

*) G = Ganztagszeitstudien, N = Anzahl

### *Erweiterung des Zeitbedarfs*

Der Gesamtzeitbedarf Z ist eine Funktion der Einzelzeitbedarfswerte $Z_1$, $Z_2$ ... bis $Z_n$. Dabei stellt 'n' die Anzahl der Einzelzeiten dar. In allgemeiner Form kann man sie als $Z_i$ bezeichnen.

$$Z = f\ (Z_1\ ;\ Z_2 \ldots Z_n) \qquad (2)$$

Einzelzeitbedarfswerte lassen sich zwei Gruppen zuordnen:

1. den Teilarbeitszeiten (Arbeiterzeiten), z. B. dem
   Gehen von Baum zu Baum
   Fällen
   Entästen
   Entrinden
   Wenden
   Vermessen und
   Einschneiden sowie
2. den Werkzeugzeiten (Betriebsmittelzeiten), z. B. der
   Motorsägenzeit 'Last'
   Motorsägenzeit 'Leer'
   Axtzeit
   Schäleisenzeit und einer Sammelgruppe
   Sonstiges (Gehen, Keilen, Zufallbringen, Wegräumen von Ästen, Vermessen).

Die Einzelzeitbedarfswerte lassen sich schrittweise zu Gruppen und Gesamtzeiten zusammenfassen.

Den Zeitbedarf kann man in absoluten und relativen Werten ausdrücken. Die absoluten Werte vorliegender Untersuchung stellen Minuten je Baum dar, die relativen Werte das Verhältnis einer Teilzeit zur Gesamtzeit.

$$Z_i\,\% = \frac{Z_i}{Z} \cdot 100 \qquad (3)$$

Das Teilzeitprozent von $Z_i$ ergibt sich aus dem Verhältnis der Teilzeit $Z_i$ zur Gesamtzeit Z, vervielfacht mit dem Wert '100', und wird für die Teilarbeitszeiten, Werkzeugzeiten sowie deren schrittweise Zusammenfassungen berechnet. Als Gesamtzeit Z kann man zum einen die Zeit mit Entrindung, zum anderen die Zeit ohne Entrindung ansetzen.

### *Erweiterung der Arbeitsbedingungen*

Außer den Zeitwerten können die Arbeitsbedingungen näher aufgeschlüsselt werden.

$$A = f\ (A_1\ ;\ A_2 \ldots A_m) \qquad (4)$$

Die Gesamtarbeitsbedingungen A sind eine Funktion der Einzelarbeitsbedingungen $A_1$, $A_2$ ... bis $A_m$. Dabei stellt 'm' die Anzahl der Einzelbedingungen dar. Sie lassen sich unterschiedlich weit aufschlüsseln. HÄBERLE (5) und das KWF (1) gliedern z. B. stark auf und versuchen durch Faktorenanalysen die wichtigeren Bedingungen herauszuschälen, während in vorliegender Untersuchung die Arbeitsbedingungen von vornherein nur in vier verschiedene Kategorien eingeteilt werden, um durch Regressionsvergleich ihre Auswirkung auf den Zeitbedarf festzustellen.

Ausreichende Kenntnis des Einflusses der Arbeitsbedingungen auf den Gesamtzeitbedarf ist für sichere Vorhersagen von Vorgabezeiten im Einzelfall der Verlohnung erforderlich (11). Zum einen muß zwischen dem Gesamtzeitbedarf und den vorgefundenen Arbeitsbedingungen ein möglichst straffer, ursächlicher Zusammenhang bestehen (Prinzip der Kausalität), zum anderen müssen sich die Arbeitsbedingungen bei der Erhebung und Anwendung der Gesamtzeit möglichst weitgehend decken (Prinzip der Identität). Aus der Abweichung von diesen beiden Prinzipien ergibt sich die Unsicherheit oder der Fehler der Vorhersage im Einzelfall.

Es werden folgende vier Gruppen von Arbeitsbedingungen ausgeschieden:

$A_1$ = die Holzart (z. B. Fichte, Kiefer oder Buche)
$A_2$ = die Aufarbeitungsstufe (z. B. mit oder ohne Entrindung)
$A_3$ = die Hiebserschwernisse (Sammelgruppe, vorwiegend durch unterschiedliche Ästigkeit und Schälbarkeit gekennzeichnet)
$A_4$ = die Masse des aufzuarbeitenden Baumes in fm m. R.

Drei der vier Gruppen beschreiben die Arbeitsbedingungen qualitativ ($A_1$ bis $A_3$), eine quantitativ ($A_4$). Von den qualitativ beschriebenen Arbeitsbedingungen ist $A_3$ eine Sammelgruppe, deren quantitativer Einfluß auf die Zeitbedarfswerte durch Regressionsvergleich festgestellt werden soll.

Die ersten drei Arbeitsbedingungen dienen zum Einreihen in Vorordnungen oder zur statistisch wirksamen Stratifizierung, die letztere dient als unabhängige Veränderliche der Regressionen, die den Zeitbedarf auf Funktionen zurückführen. Die Verbindung zwischen den Regressionen wird durch Regressionsvergleich (2) hergestellt, und zwar aus Gründen der Kürze im Gegensatz zu (11) ausschließlich zwischen der Sammelgruppe der Hiebserschwernisse $A_3$.

### *Kennwerte der Regressionen*

1. Die Regressionskoeffizienten RK.
   Dies sind die Koeffizienten der Funktion, auf die die Werte des Zeitbedarfs über der Masse oder der hierbei entstehenden Punktschar 'zurückgeführt' werden. Bei den Regressionen können je nach Besonderheit der Daten folgende Glieder auftreten:
   - das konstante Glied, abgekürzt mit A
   - das lineare Glied, abgekürzt mit x und
   - das quadratische Glied, abgekürzt mit $x^2$.
2. Die zweiseitigen Irrtumswahrscheinlichkeiten IR.
   Sie sind ein Maß für die Unsicherheit des Nachweises von RK aus der Punktschar.
3. Die Abweichung der Residuen von der Normalverteilung NV.
   Je stärker die Abweichungen, umso fragwürdiger sind alle nachfolgenden statistischen Tests, die auf der theoretischen Normalverteilung aufbauen (3). Für NV wird folgender Schlüssel verwendet:

   0 = nicht signifikant — 3 = signifikant
   1 = schwach signifikant — 4 = stark signifikant
4. Das Bestimmtheitsmaß B.
   Es gibt das Verhältnis von erklärter Streuung zu Gesamtstreuung an. Falls B in Klammern steht, stammt der Wert aus der entsprechenden Regression mit konstantem Glied, da nur für diesen Fall B definiert ist. Der Wert in Klammern kann als Anhalt dienen.
5. Der F-Wert des Bestimmtheitsmaßes $F_B$.
   $F_B$ ist ein Maß für die Sicherheit des Bestimmtheitsmaßes.
6. Der F-Wert des Regressionsvergleichs F.
   F erlaubt den Nachweis von Hiebserschwernissen und stammt aus dem paarweisen Vergleich der vermuteten Hiebserschwernisse innerhalb einzelner Holzarten und Aufarbeitungsstufen.

### *Näheres zu den F-Werten des Regressionsvergleichs*

Die F-Werte der paarweisen Regressionsvergleiche 1/2, 1/3 und 2/3 sind die rechnerischen F-Werte, die mit den theoretischen F-Werten entsprechend der jeweiligen Freiheitsgrade $N_1$ und $N_2$ verglichen werden, um die Wahrscheinlichkeit abzuleiten, mit der die Entscheidung über mögliches Zusammenlegen oder notwendiges Trennen der ursprünglich als unterschiedlich vermuteten Hiebserschwernisse behaftet ist.

Wichtigste Voraussetzung für schlüssige Hinweise aus den rechnerischen F-Werten ist die Normalverteilung der Residuen des getrennten und gemeinsamen Ansatzes der betroffenen Straten.

Diese Voraussetzung liegt vielfach nicht in vollem Umfang vor, weshalb in solchen Fällen die rechnerischen F-Werte nicht immer zu eindeutigen Entscheidungen führen.

Mit gewissen Einschränkungen ist es jedoch möglich, aus den vorliegenden Ergebnissen näherungsweise und für praktische Zwecke ausreichend den Einfluß der unterschiedlichen Hiebserschwernisse zu bestimmen. Möglichkeiten hierzu lassen sich aus folgenden drei Schritten ableiten:

1. Mögliche Vereinfachungen

Da die Freiheitsgrade $N_2$ meist außerhalb des kritischen Bereichs von etwa 20 bis 30 liegen, können die rechnerischen F-Werte ohne nähere Angabe der Wahrscheinlichkeit wie folgt gruppiert und interpretiert werden:

- F-Werte von 0 bis 3: gemeinsamer Ansatz ist möglich.
- F-Werte von 4 bis 10: gemeinsamer Ansatz ist fraglich,
- F-Werte über 10: getrennter Ansatz ist erforderlich.

2. Wechselseitige Überprüfungen

Da für die meisten Teilarbeiten und deren schrittweise Zusammenfassungen durch das Berechnen der absoluten und relativen Zeitwerte Mehrfachinformationen vorliegen, lassen sich die rechnerischen F-Werte gutachtlich aufeinander abstimmen. So sollten sich die F-Werte für eine bestimmte Teilzeit gleichen, unabhängig davon, ob sie aus dem Regressionsvergleich der Normalzeit oder der entsprechenden Zeitanteile, bezogen auf die Aufarbeitung mit oder ohne Entrindung, stammen. Dies trifft in manchen Fällen nur abgeschwächt zu. Ein gemeinsames Ergebnis läßt sich daher aus diesen Informationsquellen nur gutachtlich ableiten.

3. Annahme von Gleichheit

Da immer nur drei Gruppen verglichen werden, sollte der Ansatz entweder gemeinsam, fraglich oder getrennt sein. Hierbei kann man das Axiom zugrunde legen, daß sich drei Größen gleichen, wenn zwei davon mit der dritten übereinstimmen. In der dieser Berechnung zu Grunde liegenden Tabelle sollten daher immer die gleichen Werte stehen. Dies ist nur selten der Fall. Deshalb stößt man beim gutachtlichen Abstimmen teils auf geringere, teils auf größere Schwierigkeiten.

## IV. Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden für die Holzarten Fichte, Kiefer und Buche, und zwar für die Normalzeiten, die Zeitanteile und für die F-Werte von REV tabellarisch zusammengestellt. Leider konnten die Tabellen aus Platzmangel nicht veröffentlicht werden. Sie stehen auf Anfrage jedoch beim Verfasser zur Verfügung.

In Abbildung 1 wurden die Gesamtzeiten und Zeitanteile außerdem graphisch dargestellt (Abbildung 1).

## V. Diskussion

Die Ergebnisse sollen in zweifacher Hinsicht erörtert werden:

1. formal an Hand der statistischen Kennwerte und
2. inhaltlich vorwiegend an Hand der Abbildung.

An erster Stelle der formalen Diskussion stehen die Abweichungen der Residuen von der Normalverteilung; es folgen die Bestimmtheitsmaße, die F-Werte der Bestimmtheitsmaße und die Irrtumswahrscheinlichkeiten der verschiedenen Regressionskoeffizienten. Abgeschlossen wird dieser Teil von den F-Werten des Regressionsvergleichs, insbesondere hinsichtlich der möglichen Zusammenfassungen von Straten mit als unterschiedlich vermuteten Hiebserschwernissen.

Die formale Diskussion ist Voraussetzung für die Besprechung der einzelnen Teilarbeits- und Werkzeugzeiten nach absoluter Höhe und relativem Anteil. Dabei wird zwischen der Aufarbeitung mit und ohne Entrindung zu unterscheiden sein. Weiterhin wird zu erörtern sein, welchen Einfluß die Holzstärke auf die Höhe der einzelnen Zeitanteile ausübt, insbesondere beim Einsatz von Axt und Motorsäge. Aber auch andere Fragen lassen sich dabei behandeln, so vor allem die Änderung der Teilzeitstruktur, wenn im Zuge weiterer Rationalisierung einzelne Teilarbeiten wegfallen oder durch andere ersetzt werden. Hier steht an erster Stelle die Entrindung mit einem Anteil von 50 Prozent.

*Abweichung der Residuen von der Normalverteilung (NV)*

Je stärker die Residuen von der Normalverteilung abweichen, um so eingeschränkter sind alle Folgetests, die auf der theoretischen Normalverteilung aufbauen, wie z. B. die Irrtumswahrscheinlichkeiten der Regressionskoeffizienten und die rechnerischen F-Werte des Regressionsvergleichs. Da in dem verwendeten Programm (2) die Signifikanzschranken (3) ziemlich empfindlich gewählt sind, wird man vorwiegend die stärkeren Abweichungen zu berücksichtigen haben. Um einen Überblick zu gewinnen, wird die Häufigkeit der einzelnen NV-Gruppen bestimmt (s. Tab. 1). Hier erkennt man eine unterschiedliche Verteilung bei den absoluten Zeiten einerseits und den relativen Zeitanteilen andererseits. Gehäuft treten starke Abweichungen bei den absoluten Zeiten auf, während sich bei den relativen Zeitanteilen starke und unbedeutende Abweichungen die Waage halten. Kiefer bildet hierzu eine Ausnahme.

Tabelle 1
**Verteilung von NV[1]) auf verschiedene Gruppen**

| Gr. | NV[1]) | Normalzeiten | | | Zeitanteile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Fi | Ki | Bu | Fi | Ki | Bu |
| | Tab. | 1 a | 1 b | 1 c | 2 a | 2 b | 2 c |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 | nicht signifikant | 0 | 7 | 0 | 11 | 16 | 4 |
| 1 | schwach signifikant | 2 | 2 | 0 | 2 | 4 | 1 |
| 2 | signifikant | 3 | 2 | 2 | 6 | 2 | 1 |
| 3 | stark signifikant | 16 | 10 | 12 | 12 | 8 | 7 |
| | zus. | 21 | 21 | 14 | 31 | 30 | 13 |

[1]) NV = Abweichung der Residuen von der Normalverteilung

*Bestimmungsmaße (B) und ihre F-Werte ($F_B$)*

Im Gegensatz zu NV zeigt sich bei den Bestimmtheitsmaßen das umgekehrte Bild (s. Tab. 2). Während die Normalzeiten vorwiegen hohe bis mittlere Bestimmtheitsmaße aufweisen, häufen sich bei den Zeitanteilen die geringeren. Abgesehen von anderen Einflüssen sind in den vorliegenden Ergebnissen hohe Bestimmtheitsmaße mit starken Abweichungen der Residuen von der Normalverteilung gekoppelt und umgekehrt.

Hohe Bestimmtheitsmaße treten durchweg bei den Gesamtzeiten und Motorsägezeiten auf. Diese beiden Zeitgruppen stehen im Vordergrund des Interesses bei der Anwendung von Motorsägen-Leistungstafeln. Damit ist eine der beiden Voraussetzungen für sichere Vorhersagen von Zeitbedarfswerten aus Leistungstafeln erfüllt. Des weiteren stehen die Unterschiede der Bestimmtheitsmaße bei den Normalzeiten und Zeitanteilen in einem inneren Zusammenhang. Wenn die Beziehung zwischen den Gesamtzeiten und der Masse des aufzuarbeitenden Baumes straff ist, muß die Beziehung zwischen dem Zeitanteil und der Masse des Baumes gering sein. Dies ergibt sich aus Formel (3). Im ersteren Fall ist die abhängige Veränderliche die Gesamtzeit, im letzteren Fall das Verhältnis der Teilzeit zur Gesamtzeit. Gesamtzeit und Masse korrelieren stark, was sich aus den hohen Werten für die Wurzel

Tabelle 2
**Verteilung von B[1]) auf verschiedene Gruppen**

| Gruppe | B[1]) | | Normalzeiten | | | Zeitanteile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Fi | Ki | Bu | Fi | Ki | Bu |
| | | Tab. | 1a | 1b | 1c | 2a | 2b | 2c |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 0.99 – 0.90 | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0.89 – 0.80 | | 5 | 5 | 4[2]) | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0.79 – 0.70 | | 4 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0.69 – 0.60 | | 3 | 1 | 3[2]) | 0 | 1 | 0 |
| 5 | 0.59 – 0.50 | | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 6 | 0.49 – 0.40 | | 2 | 2 | 3[2]) | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 0.39 – 0.30 | | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 8 | 0.29 – 0.20 | | 0 | 1 | 0 | 5 | 1 | 4 |
| 9 | 0.19 – 0.10 | | 0 | 3 | 0 | 6 | 4 | 3 |
| 10 | 0.09 – 0.00 | | 1 | 1 | 0 | 20 | 19 | 6 |
| | | zus. | 21 | 21 | 14 | 31 | 30 | 13 |

[1]) B = Bestimmtheitsmaß
[2]) = im Anhalt an Lit. (11) geschätzt

der Bestimmtheitsmaße ergibt. Beide Größen sind daher weitgehend austauschbar. Dies ist ein mittelbarer Hinweis für die Tatsache, daß der Zeitbedarf je Baum die bei weitem bessere Zielgröße für Langnutzholz ist als der bei den Handsägentarifen seit langem eingeführte Zeitbedarf je Festmeter (4,11).

Die F-Werte der Bestimmtheitsmaße $F_B$ stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit den Bestimmtheitsmaßen. Hohe B-Werte sind mit großen F-Werten ausgestattet, bei den geringeren B-Werten fallen hingegen die entsprechenden F-Werte ab und sichern B nur noch schwach oder überhaupt nicht mehr gegen Null ab.

### *Irrtumswahrscheinlichkeiten (IR)*

Sie sind ebenso wie die Bestimmtheitsmaße B und deren F-Werte $F_B$ durch die überwiegend starken Abweichungen der Residuen von der Normalverteilung in ihrer statistischen Zuverlässigkeit beeinträchtigt. Trotz dieser Einschränkung kann man auch hier gewisse Unterschiede zwischen den Normalzeiten und den Zeitanteilen erkennen (s. Tab. 3). Während bei den Normalzeiten die Irrtumswahrscheinlichkeiten der konstanten, linearen und quadratischen Glieder sehr gering sind, fällt bei den Zeitanteilen die gute Absicherung der konstanten und die größere Unsicherheit der linearen Glieder auf. Der Einfluß der Masse des aufzuarbeitenden Baumes ist demnach nur gering oder weicht, wie in manchen Fällen, von Null nicht ab und verläuft damit parallel zur X-Achse.

Dies steht in engem Zusammenhang mit den Bestimmtheitsmaßen und deren F-Werten. Geringe B-Werte haben hohe Irrtumswahrscheinlichkeiten der Regressionskoeffizienten zur Folge mit Ausnahme der konstanten Glieder. Letztere erklären somit weitgehend den Informationsgehalt der Daten. Eine Veränderung im Verlaufe der Masse des aufzuarbeitenden Baumes ist in ihnen nicht mehr enthalten.

### *F-Werte des Regressionsvergleichs (F von REV)*

Sie sollen für die Normalzeiten und Zeitanteile entsprechend der genannten drei Schritte (1. mögliche Vereinfachungen, 2. wechselseitige Überprüfungen und 3. Annahme von Gleichheit) besprochen werden. Zu diesem Zweck werden die F-Werte von REV für die einzelnen Normalzeiten und entsprechenden Zeitanteile zunächst parallel angeordnet und anschließend hinsichtlich des Ansatzes typisiert. Dabei ergeben sich drei mögliche Typen:

. gemeinsamer Ansatz möglich = Typ 0
. gemeinsamer Ansatz fraglich = Typ 1
. getrennter Ansatz erforderlich = Typ 2

Bei Typ 0 und 2 ist die Entscheidung über die stratenweise Gruppierung eindeutig, bei Typ 1 fraglich. Der Zwischentyp 1 wird ausgeschieden, um den Informationsgehalt der F-Werte möglichst gut auszuschöpfen. Für praktische Zwecke hingegen kann man ihn dem Typ 0 zuweisen (14).

Bildet man zunächst noch drei Typen, so lassen sich die Normalzeiten und Zeitanteile in einer Vorstufe getrennt beurteilen und in einer Endstufe zusammenfassen. Auf diese Weise wird eine Tendenz deutlich, wonach zwischen den Einzelzeiten und Zeitanteilen größere Unterschiede als zwischen den Zeitgruppen und Gesamtzeiten bestehen. Mit zunehmender Gruppierung lassen sich

Tabelle 3
**Verteilung von IR[1]) auf verschiedene Gruppen**

| Gruppe | IR[1]) | | Normalzeiten | | | | | | | | | Zeitanteile | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Fi | | | Ki | | | Bu | | | Fi | | Ki | | Bu | | |
| | | Tab. | 1a | | | 1b | | | 1c | | | 2a | | 2b | | 2c | | |
| | | Glied | a | x | $x^2$ | a | x | $x^2$ | a | x | $x^2$ | a | x | a | x | a | x | $x^2$ |
| 1 | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 1 | 0.00 – 0.09 | | 2 | 21 | 7 | 11 | 21 | 4 | 9 | 14 | 4 | 31 | 19 | 30 | 15 | 13 | 9 | 1 |
| 2 | 0.10 – 0.19 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0.20 – 0.29 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0.30 – 0.39 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 |
| 5 | 0.40 – 0.49 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 0.50 – 0.59 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0.60 – 0.69 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0.70 – 0.79 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0.80 – 0.89 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 0.90 – 0.99 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | zus. | 2 | 21 | 7 | 12 | 21 | 4 | 9 | 14 | 4 | 31 | 31 | 30 | 30 | 13 | 13 | 1 |

[1]) IR = Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig)
a = konstantes Glied
x = lineares Glied
$x^2$ = quadratisches Glied

die ursprünglich vorhandenen Unterschiede der Arbeitsbedingungen immer weniger deutlich nachweisen. Erschwerungen und Erleichterungen gleichen sich weitgehend aus und pflanzen sich nicht in der ursprünglichen Höhe von den Teilzeiten auf die Gesamtzeiten fort. Die Einzelzeiten stehen in einem Feld wechselseitiger Beeinflussung und sind innig miteinander verflochten. Dies beeinträchtigt die Sicherheit additiver Schwierigkeitszuschläge und des Baukastensystems (14). Bei Fichte ist dies deutlicher als bei Kiefer und Buche (Tab. 4).

**Tabelle 4**
**Vereinfachter Ansatz der Straten aus der gutachtlichen Abstimmung der F-Werte der Normalzeiten und Zeitanteile[1])**

| Bezeichnung | Fichte | Kiefer | Buche |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Teilzeiten | | | |
| Gehen | 0 | 0 | 0 |
| Fällen | 0 | 0 | 0 |
| Entästen | 2 | 2 | 0 |
| Entrinden | 2 | 0 | – |
| Wenden | 2 | 0 | – |
| Vermessen | 2 | 0 | 2 |
| Einschneiden | 2 | 2 | 0 |
| Teilzeitgruppen | | | |
| 1+2 | 0 | 0 | 0 |
| 1+2+3 | 2 | 0 | 0 |
| 1+2+3+4+5 | 2 | 0 | – |
| 1+2+3+4+5+6 | 0 | 0 | – |
| Werkzeugzeiten | | | |
| Motorsäge Last | 2 | 2 | 0 |
| Motorsäge Leer | 2 | 0 | 0 |
| Motorsäge Gesamt | 2 | 2 | 0 |
| Axt | 2 | 2 | 0 |
| Schäleisen | 2 | 0 | – |
| sonstiges | 2 | 0 | 0 |
| Werkzeugzeitgruppen | | | |
| 14+15 | 2 | 0 | 0 |
| 14+15+17 | 2 | 0 | – |
| Gesamtzeiten | | | |
| mit Entrindung | 0 | 0 | – |
| ohne Entrindung | 2 | 0 | 0 |

[1]) Erklärung: 0 = gemeinsamer Ansatz möglich
2 = getrennter Ansatz erforderlich

*Schwerpunkte der Teilzeitstrukturen*

Je nach Aufarbeitungsstufe ergeben sich für das Langnutzholz unterschiedliche Schwerpunkte bei den Teilarbeits- und Werkzeugzeiten (s. Abb. 1).

1. Wenn entrindet wird, nimmt die entsprechende Teilzeit etwa die Hälfte der Gesamtzeit ein; dem folgt Entästen mit etwa einem Viertel. Dies gilt vor allem für die Fichte. Bei Kiefer wird der Anteil für das Entrinden mit zunehmender Baumstärke größer und drängt dementsprechend den Anteil für das Entästen zurück. Die Werkzeugzeiten spiegeln zwar im wesentlichen den hohen Anteil des Entästens und Entrindens wider, allerdings dadurch eingeschränkt, daß diese beiden Teilarbeiten besonders im stärkeren Nadelholz gewöhnlich mit zwei verschiedenen Werkzeugen ausgeführt werden: beim Entrinden Schäleisen und Axt, beim Entästen Axt und Motorsäge. Bei stärkerer Fichte und Kiefer wird der grobborkige Stammfuß meist vor dem Fällen mit der Axt und der übrige Stamm nach dem Entästen mit dem Schäleisen entrindet. Das Entrinden ordnet sich demnach teils dem Schäleisen, teils der Axt zu. Beim Entästen wird im stärkeren Holz die Dürrastzone meist mit der Axt, der starkastige Teil der grünen Krone hingegen mit der Motorsäge bearbeitet. Vielfach wird nur die Oberseite des Stammes mit der Motorsäge entästet, während für die Unterseite die Axt verwendet wird, wenn zu befürchten steht, daß anhaftende Erde und Steine die Sägenkette abstumpfen. Das Entästen ordnet sich demnach teils der Axt, teils der Motorsäge zu. Außerdem kann sich ein Teil des Entästens in der Sammelgruppe ‚sonstiges' finden, wenn starke Äste im Kronenbereich den Arbeitsfortschritt hemmen und von Hand beiseite gezogen werden müssen. Mit zunehmender Stärke des Baumes nimmt der Einsatz der Axt ab, der der Motorsäge zu.

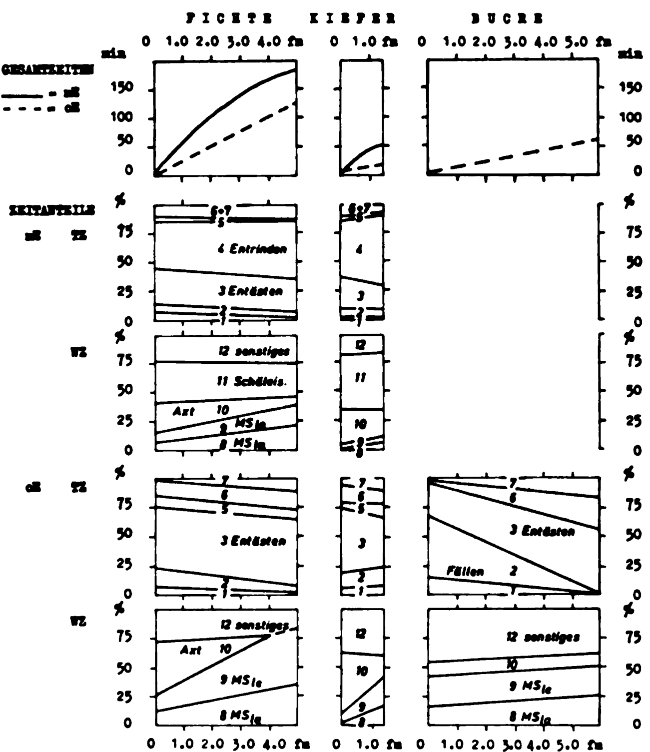



Abb. 1
Gesamtzeiten und Zeitanteile

*Erklärung*

mE = Aufarbeitung mit Entrindung
oE = Aufarbeitung ohne Entrindung
TZ = Teilzeiten
1 = Gehen von Baum zu Baum
2 = Fällen
3 = Entästen
4 = Entrinden
5 = Wenden
6 = Vermessen
7 = Einschneiden
WZ = Werkzeugzeiten
8 = Motorsägenzeit Last ($MS_{la}$)
9 = Motorsägenzeit Leer ($MS_{le}$)
10 = Axtzeit
11 = Schäleisenzeit
12 = Sonstiges (Gehen, Keilen, Zufallbringen, Wegräumen von Ästen, Vermessen)

2. Wird nicht entrindet, treten bei Fichte und Kiefer ähnliche Verhältnisse auf im Unterschied zu Buche. Da das Entrinden von Nadelholz etwa die Hälfte der Gesamtzeit ausmacht, erhöhen sich ohne Entrindung alle anderen Anteile auf das Doppelte. Bei den Teilarbeitszeiten ist das Entästen der Schwerpunkt mit etwa 50 %; bei den Werkzeugzeiten ist es die Motorsäge mit einem Anteil von etwa 75 % im stärkeren Holz, der gegen das Schwachholz hin auf etwa 25 % absinkt. Wie ein Keil zeichnet sich der Anteil der Axtzeit ab; im schwachen Holz noch mit etwa 50 % ausgestattet, verjüngt er sich zusehends mit wachsender Stärke des Holzes. Weitere Aufschlüsse erhält man, betrachtet man bei den Teilarbeitszeiten das Fällen und Entästen, bei den Werkzeugzeiten die Motorsäge und die Axt. Fällen plus Entästen sowie Motorsäge plus Axt nehmen ein breites Band von etwa 75 % ein, das sich allerdings verschieden aufgliedert. Bei den Teilarbeitszeiten verläuft die Trennlinie zwischen Fällen und Entästen parallel, bei den Werkzeugzeiten zwischen Axt und Motorsäge dia-

gonal; der Anteil der Axt nimmt deutlich ab, der Anteil der Motorsäge entsprechend zu. Dies läßt sich auf den unterschiedlichen Einsatz von Axt und Motorsäge beim Entästen von schwachem bis starkem Holz zurückführen. Gleichfalls, wenn auch weniger ausgeprägt, erkennt man dies bei der Aufarbeitung mit Entrindung.

Bei Buche sind die Schwerpunkte für die Teilarbeitszeiten das Fällen (10 - 40 %), und Entästen (25 - 50 %), für die Werkzeugzeiten die Motorsäge (50 %) und die Sammelgruppe ‚sonstiges' (40 %). Vom Schwachholz zum Starkholz verändern sich zwar die Teilarbeitszeiten Fällen und Entästen, nicht hingegen die Werkzeugzeiten Motorsäge und ‚sonstiges'. Dies steht im Gegensatz zum Nadelholz, bei dem die Teilarbeitszeiten weitgehend invariant gegenüber der Masse des aufzuarbeitenden Baumes sind, während sich die Werkzeugzeiten Motorsäge und Axt deutlich verändern. Bei Buche sinkt der Anteil des Gehens und Fällens, während das Entästen, Vermessen und Einschneiden zunehmen. Weiterhin nimmt das Entästen schwacher Buchenhölzer einen geringeren Anteil ein als bei starkkronigen Althölzern. Das gleiche trifft zu für das Vermessen, das im Starkholz besondere Sorgfalt erfordert, da hier Stammholz, Abschnitte und Schwellen zu trennen und bisweilen mehrfach zu vermessen sind, um die günstigste Aushaltung zu erreichen. Im Gegensatz zum Nadelholz nimmt außer dem Vermessen auch das Einschneiden zu.

Bei den Werkzeugzeiten der Buche verlaufen die Anteile nahezu parallel, mit einer gewissen Ausnahme der Motorsäge ‚Last' und ‚sonstiges'. Das Verhältnis von ‚Last' zu ‚Leer' wird mit zunehmender Masse günstiger, der Anteil der eigentlichen Schneidezeit erhöht sich und hiermit die Wirksamkeit der Motorsäge. Der Anteil der Axt von etwa 10 % bleibt gleich, was sich auf den Einsatz dieses Werkzeuges beim Ausästen schwacher Reiser in den Kronen starker Buchen zurückführen läßt. Der Anteil der Motorsägenzeit ‚Gesamt' von etwa 50 % bleibt über den ganzen Stärkebereich nahezu gleich, was im Gegensatz zum Nadelholz steht.

### *Anteil unbeeinflußbarer Zeiten*

Besondere Aufmerksamkeit verdient der Zeitanteil Motorsäge ‚Last'. Wenn es überhaupt möglich ist, beim Holzeinschlag reine unbeeinflußbare Zeiten auszuscheiden, dürfte dies noch am ehesten mit Hilfe dieser Zeitgruppe gelingen (12). Der Anteil unbeeinflußbarer Zeiten wirkt sich auf die Eignung von Arbeitsaufträgen für die Vergabe im Stücklohn aus. Wird entrindet, beträgt der Anteil Motorsäge ‚Last' an der gesamten reinen Arbeitszeit bei Fichte 10 - 15 %, bei Kiefer etwa 5 %. Wird nicht entrindet, verdoppelt sich der Anteil und liegt bei Fichte zwischen 15 - 30 %, bei Kiefer zwischen 20 - 30 % und bei Buche zwischen 20 - 25 %. Damit liegen die unbeeinflußbaren Zeiten beim Holzeinschlag durchweg unterhalb der als kritisch anzusehenden Grenze von etwa zwei Dritteln der Gesamtzeit.

Die unbeeinflußbaren Zeiten werden wohl erst mit einer deutlichen Umstrukturierung der gesamten Holzeinschlagsarbeit in bedenkliche Nähe der kritischen Grenze gelangen. Dabei ist insbesondere an den Einsatz kombinierter Einschlags- und Rückegeräte zu denken, wie er für die Ernte von Faserholz in Ländern wie Kanada, Rußland und Skandinavien geplant ist oder bereits durchgeführt wird.

### *Teilzeitstruktur und Vorgabezeit*

Die Teilzeitstrukturen lassen klar das wesentliche erkennen und gewinnen somit an Bedeutung bei der Vergabe von Hiebsaufträgen zum Zwecke der Verlohnung und bei der Suche nach Möglichkeiten weiterer Rationalisierung. Bei der Vergabe von Hiebsaufträgen wird man sich zu fragen haben, wie die einzelnen Schwerpunkte auf die Gesamtzeiten einwirken. Dies sind je nach Aufarbeitungsstufe im wesentlichen folgende Teilzeiten:

- bei Aufarbeitung mit Entrindung das Entrinden, das Entästen und die Motorsägenzeit,
- bei Aufarbeitung ohne Entrindung das Entästen und die Motorsägenzeit.

Je nach Eigenart der eingesetzten Maschine — waldarbeitereigene oder nicht waldarbeitereigene Motorsäge — gilt als Gesamtzeit einmal eine Zusammenfassung des Zeitbedarfs für Mann und Säge, das andere Mal der Zeitbedarf für den Mann allein. Den Einfluß der Arbeitsbedingungen auf die Teil- und Gesamtzeiten kann man mit Hilfe der F-Werte des Regressionsvergleichs untersuchen (s. Tab. 5).

Aus Tabelle 5 läßt sich folgendes entnehmen:

- Das Entästen hat nur ein geringes Differenzierungsvermögen.
- Das Entrinden unterscheidet zwar die Straten bei Fichte, nicht hingegen bei Kiefer. Dies steht in Zusammenhang mit den Rindenwiderständen, die bei Fichte bestandesweise, bei Kiefer einzelbaumweise getrennt sind.
- Die Motorsägenzeit ist bei Fichte unterschiedlich, nicht aber bei Kiefer und Buche.
- Bei den Gesamtzeiten unterscheiden sich die einzelnen Straten der drei Holzarten bei Aufarbeitung mit und ohne Entrindung nur geringfügig und können deshalb für praktische Zwecke der Vorgabezeitbestimmung zusammengelegt werden. Einzige Ausnahme stellt die Fichte bei Aufarbeitung ohne Entrindung dar; ihre Daten sind allerdings nach dem in Frage gestellten Baukastensystem bestimmt worden (14).

Tabelle 5

**F-Werte des Regressionsvergleichs wichtiger Teilzeiten und der Gesamtzeiten**

| Bezeichnung | lfd. Nr. | Fichte | | | Kiefer | | | Buche | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1/2 | 1/3 | 2/3 | 1/2 | 1/3 | 2/3 | 1/2 | 1/3 | 2/3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | | | | mit Entrindung | | | | | |
| Entästen | 3 | 13 | 11 | 0 | 0 | 10 | 8 | — | — | — |
| Entrinden | 4 | 29 | 43 | 1 | 3 | 4 | 0 | — | — | — |
| Motorsäge Gesamt | 14 | 109 | 60 | 1 | 3 | 28 | 5 | — | — | — |
| Gesamtzeit (WA) | 20 | 2 | 10 | 2 | 1 | 9 | 6 | — | — | — |
| Gesamtzeit (WA+MS) [1] | — | 1 | 6 | 2 | 1 | 9 | 6 | — | — | — |
| | | | | | ohne Entrindung | | | | | |
| Entästen | 3 | 13 | 11 | 0 | 0 | 10 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| Motorsäge Gesamt | 14 | 109 | 60 | 1 | 3 | 28 | 5 | 4 | 1 | 7 |
| Gesamtzeit (WA) | 21 | 43 | 15 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 7 | 9 |
| Gesamtzeit (WA+MS) [1] | — | 13 | 11 | 1 | 0 | 6 | 4 | 16 | 2 | 2 |

[1]) s. Lit. (13)

Die Daten erlauben daher den Schluß, daß die Kenntnis der Struktur der wichtigeren Teilzeiten nur wenig zur Vergabe von Hiebsaufträgen beisteuert, da sich die Unterschiede bei den Teilzeiten nicht in gleicher Höhe auf die Gesamtzeiten fortpflanzen.

*Teilzeitstruktur und Rationalisierung*

Aus den Schwerpunkten der Teilzeitstrukturen kann man Hinweise für die weitere Rationalisierung ableiten. Beim Nadelholz liegen sie eindeutig beim Entrinden mit etwa 50 %. Unterbleibt das Schälen von Hand, verlagert sich der Schwerpunkt auf das Entästen. In Mitteleuropa stehen wir z. Zt. in der Phase der Mechanisierung der Entrindung. Hierfür gibt es bereits eine ganze Reihe von Vorschlägen, Versuchen und praktisch bewährten Verfahren. Sie reichen von den Möglichkeiten motorgetriebener Handgeräte mit geringer Wirksamkeit und hoher physiologischer Belastung über ortsveränderliche Maschinen im Walde auf Rückeschneisen, Waldwegen und zentralen Aufarbeitungsplätzen bis hin zu ortsgebundenen Entrindungsanlagen in den Betrieben der Holzindustrie.

Bei diesen Möglichkeiten ist eine vorherige Systemanalyse der technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Auswirkungen durchzuführen, um die sich bietenden Vorteile voll auszuschöpfen und unnötige Verluste zu vermeiden. Außer den Daten für den Zeitbedarf sind hierfür auch noch Informationen für alle weiteren wichtigen technischen und wirtschaftlichen Tatbestände erforderlich. Dabei sollte die Genauigkeit der einzelnen Informationen aufeinander abgestimmt sein, um ausgewogene Ergebnisse zu erhalten. Hierbei dürften die betroffenen Teilzeiten keinen Engpaß darstellen, deren Genauigkeit für Systemanalysen genügt. Teilzeitstrukturen lassen sich demnach mit Gewinn bei der Suche nach Möglichkeiten weiterer Rationalisierung verwenden.

## VI. Zusammenfassung

1. Die Zeitstudien wurden im Harz, der Lüneburger Heide und der Norddeutschen Tiefebene bei der Aufarbeitung des Langnutzholzes von Fichte, Kiefer und Buche mit der Motorsäge in Einmannarbeit durchgeführt. Für jede Holzart stehen drei Straten mit als unterschiedlich vermuteten Arbeitsbedingungen zur Verfügung.

2. Die Zeiten werden in absoluten und relativen Werten angegeben; dies sind die Normalzeiten sowie die Zeitanteile an der Gesamtzeit mit und ohne Entrindung. Die Zeitangaben sind nach Teilarbeiten und eingesetzten Werkzeugen gegliedert, werden schrittweise bis zur Gesamtzeit zusammengefaßt und über der Masse des aufzuarbeitenden Baumes in Form von Regressionen ausgeglichen.

3. Die Regressionen werden durch Kennwerte beschrieben. Dies sind die Regressionskoeffizienten, ihre Irrtumswahrscheinlichkeiten, die Abweichung der Residuen von der Normalverteilung, die Bestimmtheitsmaße und deren F-Werte.

4. Die Straten innerhalb jeder Holzart werden paarweise verglichen. Das Ergebnis sind die F-Werte des Regressionsvergleichs, mit denen über gemeinsamen oder getrennten Ansatz der Straten entschieden wird.

5. Zwischen den Einzelheiten treten vielfach erhebliche Unterschiede auf, die sich aber bei zunehmender Zusammenfassung verlieren. Daraus kann man auf ein Wirkungsgefüge zwischen den Teilzeiten und den Gesamtzeiten schließen, das mehr ist als die bloße Summe der Teile.

6. Ein derartiges Wirkungsgefüge hat zur Folge, daß die Grundlage für das beliebige Ein- und Auswechseln beim sog. Baukastensystem und der Schluß von einer erschwerten Teilzeit auf die Gesamtzeit bei den sog. additiven Schwierigkeitszuschlägen unsicher wird.

7. Der Zusammenhang zwischen den Normalzeiten und der Masse des aufzuarbeitenden Baumes ist überwiegend hoch, zwischen den Zeitanteilen und der Masse hingegen gering. Dies erlaubt den mittelbaren Schluß, daß bei Leistungstafeln für Langnutzholz die Zielgröße Minuten je Baum besser ist als die Zielgröße Minuten je Festmeter.

8. Aus dem Anteil der Motorsägenzeit Last an der Gesamtzeit kann man die Höhe der unbeeinflußbaren Zeiten anschätzen und damit die Eignung des Holzeinschlags für die Stückvergabe beurteilen. Die Werte liegen weit unterhalb der als kritisch anzusehenden Grenze von etwa 60 %. Der Holzeinschlag mit der Motorsäge eignet sich demnach in dieser Hinsicht uneingeschränkt für die Stückvergabe.

9. Die Schwerpunkte kann man an den Strukturen der Teilarbeits- und Werkzeugzeiten erkennen. Sie liegen beim Entrinden, Entästen und Einsatz der Motorsäge. Beim Nadelholz beträgt das Entrinden etwa die Hälfte, das Entästen und die Motorsägenzeit etwa je ein Viertel der Gesamtzeit. Ohne Entrinden verdoppeln sich Entästen und Motorsägenzeit. Bei Buche nimmt Fällen plus Entästen gut zwei Drittel, die Motorsägenzeit und sonstige Teilarbeiten je etwa die Hälfte ein.

10. Während die Teilzeitstrukturen wegen des Wirkungsgefüges nur geringere Bedeutung für die Bestimmung von Vorgabezeiten aus Leistungstafeln haben, erweisen sie sich bei der Suche nach Möglichkeiten weiterer Rationalisierung als nützlich, da sie die Schwerpunkte aufzeigen.


## Summary

Title of the paper: *Work Time Pattern in Harvesting Spruce, Pine and Beech Logs with One-Man Chainsaws.*

1. The work study assumed different working conditions for each of three strata per species in the Harz mountains, the Luneburg heath and the North German lowlands.

2. Time was recorded in absolute and relative values; that is as standard working time and time percent of the total working time with and without debarking. The data are divided by processes and tools used. They are added by stages and the regression over volume is established.

3. The regression coefficients and standard errors, probability of error, residual variation from normal distribution, determinants and their F-values describe the regressions.

4. Comparison of pairs between strata give the F-values of the regression as criterion for the decision on pooling.

5. Variation among work times decreases with compounding which indicates that the relation between individual and total work time is more than that of simple addition.

6. This interaction weakens the basis for the arbitrary exchange of components and for the derivation of total work time from individual times for the purpose of calculating difficult work allowances.

7. Correlation between standard times and tree volumes is high, but it is low for part times. For log production tables, minutes per tree seem therefore preferable to minutes per cubic metre.

8. The proportion of chainsaw time indicates the amount of non-variable time and thereby the suitability of the felling operation for piece work contracts. Values are below the critical level of 60 % and chainsaw felling seems suitable for piece work rates.

9. Critical points can be recognized from the structure of part work and tool times, and are debarking, lopping and chain-sawing. In conifers, debarking takes about 50 % and lopping and chainsawing each about 25 % of the total work time. Without debarking, proportions of the other times are doubled. In beech, felling and lopping takes more than two-third, chainsawing and other part work times each about half.

10. Part work times have as a result of their interactions limited value for assessing required work time from production tables, but they are useful in indicating critical areas for process rationalization. (E. F. B.)

**Résumé**

Titre de l'article: ***Structures des temps de travail unitaires lors de l'abattage. Résultats pour le façonnage de bois d'oeuvre en grandes longueurs d'épicéa, de pin sylvestre et de hêtre en utilisant une scie à moteur à un seul homme.***

1. Les études de temps de travail ont été effectuées dans le Harz, la lande de Lunebourg et la plaine du Nord de l'Allemagne dans le cas de façonnage de bois d'oeuvre en grande longueur en utilisant une scie à moteur à un seul homme. Pour chaque essence, on a distingué trois «strates» suivant les différentes conditions de travail présumées.

2. Les temps sont donnés en valeurs absolue et relative; ce sont les valeurs de temps des normes ainsi que les pourcentages représentés par les temps unitaires, avec écorçage ou sans écorçage. Ces valeurs sont décomposées suivant la nature du travail et selon que l'on use ou non d'outils mécaniques; ces valeurs unitaires sont ensuite cumulées; on étudie enfin la régression entre les temps totaux et le volume des arbres façonnés.

3. Ces régressions sont caractérisées par le coefficient de régression, l'erreur standard, l'écart-type, la variation résiduelle par rapport à la distribution normale, les carrés des coefficients de corrélation et les valeurs de F correspondantes.

4. Pour chaque essence, les «strates» sont comparées deux à deux ce qui donne les valeurs de F de la régression et permet de distinguer celles de ces strates qui doivent être maintenues et celles qui doivent être confondues.

5. Entre les temps unitaires apparaissent des différences souvent importantes, mais ces différences s'estompent quand on procède aux regroupements progressifs. Ceci montre qu'il existe des interactions entre les temps unitaires et que le temps total est autre qu'une simple addition des temps unitaires.

6. Ces interactions interdisent des changements arbitraires des temps unitaires par un procédé du type «Meccano»; notamment ce n'est pas une méthode sûre que de déduire un temps total de temps unitaires majorés pour tenir compte des difficultés du travail.

7. La correlation entre les temps des normes et le volume de l'arbre façonné est extrêmement étroite; par contre la corrélation entre ce volume et les temps unitaires est très faible. Dans les tables de rendement s'appliquant aux bois longs, il est donc bien préférable d'indiquer le nombre de minutes nécessaires par arbre que le nombre de minutes par m³.

8. D'après le pourcentage du temps total que représente le temps d'utilisation de la scie à moteur, on peut estimer quels sont les temps qui ne peuvent subir aucune variation, et, partant de là, voir dans quelle mesure, le temps d'exploitation permet de prévoir un travail à la tâche. Ces valeurs sont très inférieures au seuil critique qui est de 60 % environ. Dans cette optique, l'exploitation à la scie à moteur se prête sans restriction à la fixation des tâches.

9. La répartition des temps de travail unitaire et les temps d'utilisation des outils constitue les données les plus importantes. On doit considérer l'écorçage, l'ébranchage et le temps d'utilisation de la scie à moteur. Pour les résineux, l'écorçage représente environ la moitié du temps total, l'ébranchage et l'utilisation de la scie à moteur le quart chacun. Ces dernières proportions sont doublées si on ne procède pas à l'écorçage. Pour le hêtre, l'abattage et l'ébranchage représentent facilement les ²/₃ du temps, le travail à la scie à moteur et les autres travaux partiels se partageant également le temps restant.

10. Bien que l'étude des temps partiels n'ait qu'une faible valeur pour l'établissement des temps figurant dans les tables de travail, ils se révèlent cependant utiles par les possibilités qu'ils donnent de pousser plus loin la rationalisation car ils en constituent les éléments fondamentaux.

J. M.

**Schrifttum**

1. —,—: Zusammenfassende Darstellung der Zwischenkontrolle bei der Erstellung eines neuen Hauerlohntarifs. KWF, Abt. Waldarbeit (unveröffentl. Umdruck). Buchschlag/Frankfurt a. M., 30. 8. 1967. — 2. Gebhardt, F.: Vergleich der Regressionen für mehrere Gruppen (REV). Deutsches Rechenzentrum, Darmstadt 1965 (unveröffentl. Standardprogramm). — 3. Ders.: Verteilung und Signifikanzschranken des 3. und 4. Stichprobenmomentes bei normalverteilten Variablen. Biometrische Zeitschrift H. 4, 1966. — 4. Grammel, R.: Laubindustrieholz in langer Form. Bad.-Württ. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt, Abt. Waldarbeit. Interne Mitt. Nr. 14, 1967. — 5. Häberle, S.: Die repräsentative Ermittlung des Zeitbedarfs als Grundlage einer Herleitung von Vorgabezeiten für den Holzeinschlag. Diss. Freiburg/Br. 1961. — 6. Hilf, H. H. u. Eckert, K.-H.: Baumzeittafeln. Eine vorläufige Mitteilung über Aufarbeitungszeiten in Fichten- und Buchenbeständen auf Grund von Tageszeitstudien. Forstarchiv H. 6, 1955. — 7. Dies.: Festmeterzeittafeln für Buche und Fichte. Forstarchiv H. 5, 1956. — 8. Dies.: Baum- und Festmeterzeittafel für die Kiefer. Forstarchiv H. 6, 1957. — 9. Hilscher, A.: Arbeitsleistungen beim Einsatz der Einmann-Motorsäge. Bericht über Zeitaufnahmen im Nadelholz unter günstigen Bedingungen. Forstarchiv H. 4, 1960. — 10. Landschütz, W.: Analyse von Teilzeitstrukturen und ihre praktische Anwendung. Forstarchiv H. 4, 1968. — 11. Ders.: Zur Frage der Erstellung von Leistungstafeln auf arbeitswissenschaftlicher und mathematisch-statistischer Grundlage. Diss. Hamburg 1968. — 12. Ders.: Die Motorsägenzeit bei der Aufarbeitung von Langnutzholz. Forst- u. Holzwirt H. 6, 1969. — 13. Ders.: Verfahren zur rationellen Aufstellung von Leistungstafeln beim Holzeinschlag mit der Motorsäge. Allg. Forstzeitschr. 1970. — 14. Ders.: Das Wirkungsgefüge zwischen Teilzeiten und Gesamtzeiten. Forstarchiv H. 9, 1969. — 15. Riehle, M.: Ermittlung von Vorgabezeiten für das Hauen, Entästen, Einschneiden und Vorliefern von schwachen Nadelholzsortimenten an die Rückegasse. Mitt. d. Abt. Waldarbeit, Freiburg/Br., Nr. 9, 1965. — 16. v. Stackelberg, S.: Leistungsuntersuchungen im Buchenhauungsbetrieb bei der Verwendung von Einmann-Motorsägen. Allg. Forst- u. Jagdztg. H. 8, 1964.

# Buchbesprechung und Notizen

**Waldbau als Wissenschaft.** Von F. W. Bauer. Band II. Teil I: Technologie unter besonderer Berücksichtigung der Waldbautechnik Südwestdeutschlands. Teil 2: Waldbauliche Wertlehre. BLV-Verlagsgesellschaft München, 1968. 305 S., 33 Übersichten, 20 Abb. Ganzleinen DM 66,—.

Der zweite und letzte Band des Gesamtwerkes „Waldbau als Wissenschaft" von Prof. Dr. F. W. Bauer schließt mit einem Nachwort an die Kritik. Bauer wollte sein Werk erst dann als abgeschlossen betrachten, wenn er seinen Kritikern geschlossen in einer Sonderschrift geantwortet hatte. Diese Sonderschrift wird nicht mehr geschrieben werden. Prof. Bauer ist bald nach Erscheinen des zweiten Bandes gestorben. Es gilt so, zu seinem Buch Stellung zu nehmen, auch wenn eine Erwiderung nicht mehr möglich ist.

Der Autor hat mit dem Rezensenten mehrmals darüber gesprochen, was ihn innerlich bewegt hat, nachdem er sein Amt als

Leiter der Badischen Landesforstverwaltung niedergelegt hatte, um an der Universität Freiburg den Lehrstuhl für Waldbau zu übernehmen. Er war der Auffassung, daß er in seiner bisherigen Stellung, insbesondere mit der Herausgabe der „Allgemeinen Wirtschafts- und Betriebsgrundsätze der badischen Landesforstverwaltung" (1949) das waldbauliche Erfahrungsgut seines Lebens für die forstliche Praxis voll nutzbar gemacht habe. Nun wollte er, zum Vertreter der Wissenschaft geworden, angesichts der im Waldbau bestehenden Wertunsicherheiten das Werturteilsproblem einer Lösung näher bringen. In der zur Gestaltung einer waldbaulichen Wertlehre notwendigen Theorie sah er die Krönung der ganzen wissenschaftlichen Arbeit.

Bauer erblickte in dem Werturteilsproblem das zentrale Problem der Waldbauwissenschaft überhaupt. Wenn er im Vorwort zum I. Band die Frage aufwirft „Wer hat Recht, wer hat Unrecht? der einzelne, die Richtungen, ganze Schulen?", so trifft er zweifellos ein Kernproblem des Waldbaus. Es ist jene Frage, die, wenn auch oft unsichtbar und unhörbar, dennoch im Hintergrund jeder waldbaulichen Diskussion steht, gleichgültig ob diese in Büchern und Zeitschriften oder in Vortrags- und Hörsälen oder auf Exkursionen im Walde stattfindet.

An die Spitze seiner Bemühungen zur Lösung dieses Problems stellt Bauer eine Untersuchung der wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Grundlagen des Waldbaus. Hasel hat sich mit dieser „Waldbaulichen Wissenschaftslehre" eingehend auseinandergesetzt, es darf hierauf verwiesen werden (Allg. Forstzeitschrift 1966, S. 747). Um den gedanklichen Anschluß an den Band II herzustellen, genügt es, an dieser Stelle die zwei Grundthesen herauszustellen, zu denen die Erkenntnisse der Bauerschen Wissenschaftslehre zusammengefaßt und die zugleich als Fundament seines Waldbauwerkes angesehen werden können.

Die erste These lautet:

Objekt der Waldbauwissenschaft ist nicht der Vegetationstyp „Wald", sondern die „waldbauliche Tätigkeit im Walde". Unter dieser waldbaulichen Tätigkeit wird nicht die Tätigkeit verstanden, wie sie tatsächlich ausgeübt wird, sondern wie sie ausgeübt werden sollte, um Spitzenleistungen im Sinne des „Allgemeinen Wirtschaftszieles" zu erbringen. Bauer spricht daher von der „vorbildlichen waldbaulichen Tätigkeit".

Die zweite These stellt fest:

„Die Waldbauwissenschaft ist keine angewandte Naturwissenschaft, sondern eine praktisch-technische Wissenschaft, die ihre Gedankeninhalte nach dem Maß der Befriedigung vorliegender Bedürfnisse ordnet und bei der die Wahl der Mittel nicht kausal zu ergründen, sondern nur nach dem Zweckprinzip zu entscheiden ist. Die letzte Antwort der Waldbauwissenschaft ist daher stets eine Zweckantwort und keine Antwort auf die Frage nach natürlichen Kausalitäten."

Diese beiden Grundthesen beherrschen den theoretischen Aufbau der Bauerschen Waldbaulehre. Der Wissenschaftslehre am Anfang des I. Bandes steht gegenüber die auf ihr beruhende Waldbauliche Wertlehre am Ende des II. Bandes. Dazwischen sind eingebettet Grundbegriffslehre im I. Band und Technologie im II. Band.

Grundbegriffslehre und Technologie entsprechen, wenigstens in den Grundzügen, der bisherigen klassischen Gliederung des Waldbaus in biologisch-ökologische Grundlagen und Waldbautechnik.

Der zweite Band umfaßt 2 Teile: Teil 1: Technologie unter besonderer Berücksichtigung der Waldbautechnik Südwestdeutschlands. Teil 2: Waldbauliche Wertlehre.

Im ersten Abschnitt der Technologie werden die waldbaulichen Produktions- und Betriebsverfahren in historischer Sicht dargestellt. Bauer erweist sich hier als hervorragender Kenner der Geschichte der Entwicklung der Naturverjüngungsverfahren im südwestdeutschen Raum, insbesondere in Baden. Der Großschirmschlag in Tannenwäldern, dargestellt an den Verhältnissen im Schwarzwald und die Weiterentwicklung der Naturverjüngungsmethoden durch Chr. Wagner, Eberhard und Philipp sind meisterhafte Schilderungen, vor allem auch in dem Bemühen, Ursachen und theoretische Abgrenzung der verschiedenen Verfahren herauszuarbeiten.

In einem späteren Kapitel weist Bauer darauf hin, daß in der Praxis die Naturverjüngung gegenüber der künstlichen Bestandsbegründung nur eine unbedeutende Rolle spielt. Dieser, auf die Fläche bezogen, richtigen Feststellung wird er jedoch selbst nicht gerecht, wenn er im zweiten Abschnitt die künstliche Bestandsbegründung, die in mehreren europäischen Ländern, wie Spanien, Italien, Großbritannien, Aufgabe Nr. 1 des Waldbaus ist, auf 20 Seiten abhandelt. Hier fehlt fast vollkommen eine Verarbeitung der umfangreichen modernen Literatur und so bleibt die Darstellung mehr oder weniger in allgemeinen Erörterungen und veralteten Vorstellungen hängen.

Sehr knapp gehalten ist auch die Behandlung der Jungwuchspflege und der Bestandspflege, wobei im Abschnitt „Bestandspflege" die Beschreibung der historischen Entwicklung der Durchforstungstechnik den breitesten Raum einnimmt, obwohl sie bereits mit Schwappach endigt. Auf die Überlegungen der Gegenwart zur Rationalisierung der Bestandespflege wird nicht eingegangen.

Der erste Teil wird abgeschlossen mit einem Anhang „Nutzholzproduktion außerhalb des Waldes", der neben dem Flurholzanbau auch den Plantagenbetrieb umfaßt. Diese Zuteilung Bauers, der sonst in systematischen Fragen so realistisch ist, überrascht, da in weiten Teilen der Welt, vor allem in den Tropen und Subtropen, in der Forstwirtschaft die Holzplantagen dominieren und diese Plantagen, die auf vielen Standorten auch aus landeskulturellen Gründen begründet werden, ohne Zweifel als Wald zu definieren sind und in alle Statistiken der Erde auch so aufgenommen werden.

Der Teil 2 „Waldbauliche Wertlehre" ist als das Kernstück der Bauerschen Waldbaulehre anzusehen. Einige Zitate lassen am besten deutlich werden, worum es dem Autor hier geht:

„Es liegt im Wesen der konstruktiven Idee einer vorbildlichen waldbaulichen Tätigkeit begründet, daß in ihm Vergleichen und Werten beschlossen ist — mit anderen Worten: Mit der Bestimmung ihres Erkenntnisobjektes wird die Waldbauwissenschaft bereits mit dem Problem wissenschaftlicher Werturteilsbildung konfrontiert, was zur Folge hat, daß waldbauwissenschaftliches Denken sich notgedrungen auch mit der philosophischen Bedeutung des ihr angemessenen Wertbegriffes zu befassen hat. Das erscheint um so notwendiger, als ohnedies in der Waldbauwissenschaft eine abolute Wertunsicherheit besteht, die beinahe in jeder Diskussion zutage tritt und auf die es auch zurückzuführen ist, daß ein und dieselben Streitfragen seit einem Jahrhundert ergebnislos diskutiert werden und das waldbauwissenschaftliche Denken sich so oft und unversöhnlich in schroffen Alternativen begegnet."

„Um unterscheiden zu können, was im waldbaulichen Planen und Handeln für richtig oder falsch, für gut oder schlecht, für fortschrittlich oder rückständig, für vernünftig oder unklug zu halten ist, bedarf die Wissenschaft objektiver Wertungsmaßstäbe, die nach Herkunft und logischer Substanz wissenschaftliche Geltung besitzen. Zu einem legitimen Werturteil gehört, daß der Tatbestand, auf den sich das Sachurteil stützt, richtig erfaßt, die Aussage vollkommen ist, die Wertungsmaßstäbe richtig sind und die Grundwertung sich auf anerkannte Erfahrungsurteile oder auf logisch abgeleitete Wertungsprinzipien stützt. Sachurteile sind „wahr", wenn der Inhalt ihrer Aussage mit der Wirklichkeit übereinstimmt, und Werturteile sind „gültig", wenn die dem Urteil zugrunde liegenden Wertungsgesichtspunkte objektiv richtig, die dem Wertbildungsprozeß zugrunde liegenden Maßstäbe anerkannt und im Wertungsakt auch richtig gehandhabt wurden. Ohne diese Voraussetzung ist ein Werturteil — selbst wenn es vom hervorragendsten Vertreter der Wissenschaft oder vom tüchtigsten Verwaltungschef ausgesprochen wird — nicht mehr als ein rein persönliches Bekenntnis, eine Sache individueller Überzeugung, eine rein subjektive Ansicht, die richtig, aber ebensogut auch falsch sein kann."

Das Bemühen Bauers um wissenschaftliche Werterkenntnis konzentriert sich auf die Beantwortung von zwei Fragen:

Erstens: Was soll und was kann als Richtigkeitskriterium waldbaulicher Werturteilsbildung dienen?

Zweitens: Ist die Waldbauwissenschaft überhaupt in der Lage, objektive Wertungsmaßstäbe zur kritischen und zielweisenden Beurteilung der waldbaulichen Praxis aufzustellen?

Ein Überblick über den Inhalt der Wertlehre zeigt den von BAUER beschrittenen Weg:

Der erste Abschnitt ist den „Grundlagen“ gewidmet. Er enthält „Methodologische Grundlagen“, hier u. a. „Das Objektproblem der Waldbauwissenschaft und seine Bedeutung für den Aufbau einer Waldbaulichen Wertlehre“, „Wertphilosophische Grundlagen“ und „Das waldbauliche Werturteil“ mit dem Teilabschnitt „Die Wege zur wissenschaftlichen Werterkenntnis“.

Der zweite Abschnitt umfaßt die „Analyse der konkreten waldbaulichen Tätigkeit“ mit einer weit gefaßten „Analyse der Verjüngungstechnik“ (55 S.) und einer sehr knapp gefaßten „Analyse der Erziehungstechnik“ (7 S.). Die Analysen werden eingeleitet durch die Ermittlung der die Verjüngungs- bzw. Erziehungstechnik bestimmenden Motive, die Analyse der Verjüngungstechnik wird getrennt in den Bereichen Kultur und Wirtschaft, Natur und Technik durchgeführt.

Im dritten Abschnitt erfolgt die „Auswertung der in der Analyse erzielten Ergebnisse“ mit den Unterteilen „Synthetische Folgerungen“ und „Auf Erfahrung gegründete Leitsätze zur optimalen Gestaltung der Waldbautechnik“.

Die Wertlehre wird abgeschlossen mit der „Betriebssynthese“. Dieser vierte Abschnitt ist gegliedert in „Bausteine“ mit den Unterteilen „Waldbauliche Zielsetzungen“, „Umstrittene Fragen“, „Konstitutive Vernunftprinzipien“ und „Synthese einer standortsgerechten Wirtschaft nachhaltig höchster Wertleistung“ mit den Unterteilen „Grundlegende Erkenntnisse“ und „Das greifbar Wirkliche in der Idee einer vorbildlichen waldbaulichen Tätigkeit“.

Es ist nicht möglich, auf die Fülle der hier vorgetragenen Gedanken näher einzugehen, hier muß sich der Leser selbst durcharbeiten. Der Gesamteindruck ist zwiespältig. Der kritische Waldbauer fühlt sich stark angesprochen durch das unablässige Bemühen des Autors, waldbauliche Probleme nicht nur zu schildern, sondern sich mit Ihnen auseinanderzusetzen. So versucht BAUER z. B. in dem Teilabschnitt „Umstrittene Fragen“ die Einzelfragen: Rohholzproduktion in gleichwüchsigen oder in ungleichwüchsigen Beständen?, Plenterwald oder schlagweiser Hochwald?, Naturverjüngung oder Kunstverjüngung?, Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Naturwaldgesellschaften oder Aufbau leistungsstarker Wirtschaftswälder nachhaltig optimaler Nutzholzproduktion?, Groß- oder Kleinflächenwirtschaft?, Breit- oder Schmalschlag?, Aufbau ein-, zwei- oder mehrschichtiger Wälder? Horizontal- oder Vertikalschluß? mit These und Antithese abzuklären. Überall ist hier der erfahrene Waldbauer zu spüren.

Andererseits werden in diesem Teil mitunter Probleme mit großer Intensität angegangen, die zwar vor Jahrzehnten noch den forstlichen Blätterwald bewegten, inzwischen aber längst hinter anderen aktuellen Fragen zurückgetreten sind. Man stößt hier auch auf das Phänomen, daß gerade dieses Werk, das der Objektivität gewidmet wurde, in der Ausrichtung des Waldbaus subjektiv ist. BAUERS Grundeinstellung zeigt am besten der Satz „Waldbau ist lebenswichtige Rohstofferzeugung ...“ (S. 159) sowie die Tatsache, daß die nicht erst seit heute immer mehr in den Vordergrund tretenden Dienstleistungsfunktionen des Waldes unter der Überschrift „Nebenaufgaben“ auf einer knappen halben Seite ihre Erledigung finden.

BAUER war der Auffassung, das waldbauliche Werturteil nur über die Philosophie fundieren zu können. Für die Ergebnisse der waldbaulichen Forschung, des waldbaulichen Experiments, war in seiner Theorie kein Platz. So sind in seinem Waldbauwerk mit ganz geringen Ausnahmen die Ergebnisse der modernen Forschung nicht verarbeitet worden, was zweifellos als ein entscheidender Mangel anzusehen ist.

Ist nun BAUER mit seinem Werk seinem Ziel nahe gekommen, Antwort auf die Frage zu geben, wer hat recht? Welcher Amtsvorstand, welcher Waldbaureferent, welcher Waldbauprofessor, welche Richtung, welche Schule? Ich glaube nicht und man darf wohl sagen, daß auch der Autor selbst nicht den von ihm erarbeiteten philosophischen Maximen gefolgt ist, wenn es galt, zu waldbaulichen Streitfragen Stellung zu nehmen und Werturteile zu fällen. Draußen im Walde, in seinem ureigensten Element, war weniger der abgeklärte Philosoph zu spüren, der nur den kühlen Gesetzen der Erkenntnistheorie und der Logik folgt, sondern mehr der erfahrene Waldbauer und der ehemalige Chef einer großen Landesforstverwaltung, dessen Pflicht es ist, Entscheidungen zu treffen und durchzusetzen.

So bleibt die Frage nach dem Rechthaben im Waldbau bis auf weiteres offen, auch wenn man statt mit Philosophie nun mit Kybernetik und Computer diesem Problem auf den Leib rückt. Es gilt auch zu bedenken, um welche Fragen es hier im einzelnen gehen kann. Als ich mit BAUER einmal darüber diskutierte, ob es waldbauliche Thesen gäbe, die wirklich unangreifbar sind, und ich mich bemüht hatte, einige seiner Thesen in Zweifel zu ziehen, meinte er zuletzt, daß es auf jeden Fall eine waldbauliche These gäbe, die absolut unbestritten sei, nämlich die, daß kein Bestand von Westen angehauen werden darf. Ja, dies ist richtig in unserem Raum, aber, um nur ein Beispiel wahllos herauszugreifen, im Monsungebiet in Japan bleibt die Windrichtung vollkommen unberücksichtigt, weil der Wind gleichstark im Sommer von Westen und im Winter von Osten kommt. Und doch, trotz aller Problematik, das Erkennen des Richtigen im Waldbau wird weiterhin auch unsere vornehmste Aufgabe sein. So werden wir dem Ziele BAUERS folgen, wenn auch auf anderen und verschiedenen Wegen.

Das Waldbaubuch von BAUER ist ein eigenwilliges, außergewöhnliches Werk, es folgt nicht ausgetretenen Pfaden. Sein Wert ist nicht zuletzt in dieser Tatsache begründet. Das Werk BAUERS wird sich nur dem voll erschließen, der es im wahren Sinne des Wortes durcharbeitet und sich in seine reiche Gedankenwelt vertieft. Es ist das Vermächtnis eines Mannes, der sich seine Aufgabe nicht leicht gemacht hat, eines Mannes, der in der Praxis des Waldbaus ein Meister der ihn so sehr bewegenden „vorbildlichen waldbaulichen Tätigkeit“ war und den bis zu seinem letzten Atemzug die Leidenschaft beseelte, zu den Quellen wahrer waldbaulicher Erkenntnis vorzustoßen. H. SCHMIDT-VOGT

---

## HOCHSCHULNACHRICHTEN

Hann. Münden. — Professor Dr. H. HATTEMER ist mit Wirkung vom 1. Mai 1970 für ein Jahr an die Forsthochschule in Stockholm beurlaubt worden. Professor HATTEMER wird in Stockholm in Vertretung eines Laborators Forschungs- und Lehraufgaben übernehmen.

Während der einjährigen Abwesenheit von Professor HATTEMER liest Professor Dr. MICHAEL PRODAN, Forstliche Fakultät der Universität Freiburg im Rahmen eines Lehrauftrages das Prüfungsfach Mathematik.

Hann. Münden. — Mit Erlaß des Herrn Niedersächsischen Kultusministers vom 27. Februar 1970 wurden unter dem Vorbehalt künftiger Strukturänderungen an der Universität Göttingen die Institute für Waldbau Grundlagen und Waldbau Technik der Forstlichen Fakultät zu Hann. Münden zu einem „Institut für Waldbau“ vereinigt. Das Institut für Waldbau umfaßt den Lehrstuhl für Waldbau der gemäßigten Zonen und den Lehrstuhl für Naturwaldforschung sowie Waldbau der Tropen und Subtropen.

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG




INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



141. JAHRGANG 1970 HEFT 7 JULI

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE
FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 7 des 141. Jahrganges sind:**

Dr. D. Böhlmann, 41 Duisburg-Großenbaum, Am Golfplatz 20

Professor Dr. K. Hasel, 351 Hann. Münden, Bahnhofstraße 6

Akad. O.-Rat Dr. E. Künstle, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Professor Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17

Oberforstmeister J. Precht, 6702 Bad Dürkheim, Weinstraße-Süd 121, Forstamt

Oberforstdirektor Dr. M. Scheiffle, Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, 7 Stuttgart

Forstreferendar D. Schölzke, 6101 Weiterstadt, Sudentenstraße 63a

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Dozent Dr. U. Ammer, 7401 Rübgarten, Im Geistle

Professor Dr. K. Hasel, 351 Hann. Münden, Bahnhofstraße 6

Professor Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Professor Dr. H. Schmidt-Vogt, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17

Ofr. R. Zundel, FVA, Abt. Landespflege, 78 Freiburg i. Br., Sternwaldstraße 16



**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*
*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.
*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Untersuchungen über die Bodentemperatur in einigen Nadel- und Laubholzbeständen in der Nähe von Freiburg/Br.

(Mit 3 Abbildungen und 2 Tabellen)

Von G. Mitscherlich und E. Künstle

## 1. Einleitung

Es ist bekannt, daß die Bodentemperaturen sich in einem ganz anderen Bereich bewegen wie die Temperaturen im Stamm- und Kronenraum. Während die Blätter an warmen Strahlungstagen Temperaturen von 35 °C und mehr aufweisen können, wachsen die Wurzeln an den gleichen Tagen bei Bodentemperaturen von 16 - 18 °C.

Aber nicht nur das Ausmaß der Temperaturen und ihre Schwankungen sind im Luft- und Bodenraum verschieden. Auch der Rhythmus der Temperaturzu- und -abnahme im Tages- und Jahresablauf weist beträchtliche Unterschiede auf. In der Luft tritt durch Wind und Konvektion ein relativ rascher Temperaturausgleich ein. Im Boden findet der Wärmetransport im wesentlichen jedoch durch molekulare Wärmeleitung statt. Er braucht daher viel mehr Zeit. Die Erwärmung und Abkühlung des Bodens tritt daher mit Verzögerung und unter Abschwächung der Extreme ein. Das bedeutet, daß die Wurzeln im Boden bis in den späten Herbst für das Wachstum günstige Wärmebedingungen vorfinden und ihr Wachstum daher in der Regel länger anhält als das Sproßwachstum.

Daneben sind freilich auch die Wärmeansprüche der Wurzeln für das Wachstum andere als die des Sprosses. So fand Ladefoged (1946), daß die Wurzeln der Fichte noch bei 2° bis 4 °C, die der Esche noch bei 4° bis 6 °C und die der Buche sogar noch bei etwas über 0 °C wachsen. An durch Laubanhäufung gut geschützten Plätzen fand er bei der Buche daher gelegentlich während des ganzen Winters einen geringen Wurzelzuwachs.

Eine stärkere Bodenerwärmung fördert und verlängert das Wurzelwachstum. So konnte Hoffmann (1968) mit Untersuchungen im Wurzelkeller von Eberswalde zeigen, daß das Wurzelwachstum durch eine Beheizung (Temperaturerhöhung um 5 °C) bei Robinien früher einsetzte und länger anhielt als ohne Heizung. Statt des normalen Wachstumsabschlusses Mitte September fand bei Beheizung das Wachstum erst Anfang November sein Ende.

Die Bodentemperaturen können nun durch geeignete Baumartenmischung und Bestandsbehandlung in einem gewissen Rahmen verändert werden. Im allgemeinen belaufen sich allerdings die durch verschieden starke Durchforstungen hervorgerufenen Unterschiede in der Bodentemperatur nur auf wenige Zehntel, allenfalls einmal auf 1 °C. So fand z. B. Chroust (1960) in einem Durchforstungsversuch in einem 30-jährigen Kiefernstangenholz in der ČSSR in 10 cm Tiefe eine Zunahme der Bodentemperatur von je 0,2 °C bei einer Abnahme des Kronenschlusses um jeweils 10 %. In einem 22-jährigen schwachen Fichtenstangenholz, das 10 Jahre vorher stark bzw. sehr stark verdünnt worden war, wurde zwischen der unbehandelten Kontrollfläche und der sehr starken Durchforstung in 5 cm Tiefe ein Unterschied in der Bodentemperatur von 0,8 bis 1,0 °C (Juni bis August) gefunden (Chroust, 1965). Nach Messungen von Ott (1966) in einem etwa 50-jährigen Fichtenbestand in der Schweiz wurden zwischen stark und schwach durchforsteten Teilflächen in 15 cm Tiefe im Sommer nur Unterschiede von 0,1 bis 0,2 °C gefunden. In entsprechend ausgewählten, schwach und stark durchforsteten Teilflächen eines etwa 70-jährigen Buchenbestandes lagen die Temperaturunterschiede bei 0,1 bis 0,5 °C. Auch die täglichen Maxima der Bodentemperatur verschieden stark durchforsteter Bestände scheinen sich nicht sehr stark zu unterscheiden. So fanden Göhre und Lützke (1956) in Kiefernbeständen der Mark in 10 cm Tiefe an warmen Spätsommertagen zwischen den Temperaturmaxima zwischen geschlossenen und stärker aufgelichteten Beständen nur wenige Zehntel Grad Unterschied. Erst beim Vergleich von Bestand und Kultur stiegen die Differenzen der Temperaturmaxima auf 4 - 5 °C, die Mittelwerte auf etwa 2 °C an.

Bedeutungsvoller als die Bestandesunterschiede im Sommer sind diejenigen im Winter. Denn im Winter fällt bei starker Durchforstung mehr Schnee durch die Kronen, der den Boden vor der Wärmeabgabe schützt. Bei starker Durchforstung dringt der Bodenfrost daher nicht so tief in den Boden ein wie bei schwachen Durchforstungen. Im Frühjahr taut bei starker Durchforstung der Boden früher auf und das Wachstum kann früher einsetzen (Angström, 1936/37).

Bei den erheblichen Unterschieden zwischen Sommer und Winter schien es nützlich, einmal den ganzen Jahresgang der Bodentemperatur zu verfolgen, um auch die Frühjahrs- und Herbstverhältnisse mit zu erfassen. Im Zusammenhang mit anderen ökologischen Forschungen wurden daher in der Versuchsstation auf dem Uhlberg bei Freiburg Bodentemperaturmessungen in verschiedenen Beständen und auf einer Kahlfläche vorgenommen.

## 2. Bestände und Standort

Bei den *untersuchten Beständen* handelt es sich um einen stark durchforsteten 35-jährigen Douglasienbestand, einen gleichalten Bestand mit schwacher Durchforstung und um einen 80-jährigen Mischbestand aus Kiefer in der Ober- und Buche und Eiche in der Zwischen- und Unterschicht. Außerdem wurden Messungen der Bodentemperatur auf einer benachbarten Kahlfläche durchgeführt.

Die Versuchsbestände befinden sich an einem zu 26 % geneigten *Südhang* auf dem Uhlberg im Städtischen Forstamt Freiburg in etwa 600 m SH. Alle Flächen haben den gleichen Boden, eine steinreiche, lehmige, schwach durchschlämmte, mäßig saure Braunerde. Nähere Angaben über die Bestände und den Standort finden sich bei Mitscherlich et al. (1965/66) und Mitscherlich und Moll (1970).

Für die Bodentemperaturen ist die *Bodendecke* von besonderer Bedeutung. Sie besteht in dem Douglasienbestand mit starker Durchforstung aus einer 0,5 - 1 cm starken Streuschicht, die im wesentlichen dem Nadelabfall des letzten Jahres entstammt. In der schwachen Durchforstung mit ihrer um etwa 40 % größeren Nadelmasse in den Kronen ist die Streudecke etwas stärker und mag etwa 1 - 2 cm betragen. Sie liegt wie die der stark durchforsteten Fläche ohne nennenswerte Humusschicht fast direkt dem Boden auf. Durch die rege Tätigkeit der Bodenlebewelt wird der Humus laufend in den Oberboden eingearbeitet.

In dem Kiefern-Laubholz-Mischbestand, dessen Streu zu 28 % aus Kiefernnadeln und zu 72 % aus Buchen- und Eichenblättern besteht, ist die Auflage etwa 5 cm hoch. Sie wechselt nach der Jahreszeit von einer lockeren Lagerung im Herbst bis zu einer plattigen, leicht verfestigten Lagerung nach dem Schnee und Regen des Winters im Frühjahr. Unter der obersten Schicht von Blättern und Nadeln des Vorjahres befindet sich hier eine 1 - 2 cm starke Schicht mullartigen Moders, die von der Bodenlebewelt laufend in den Oberboden eingewühlt wird.

Die Meßstelle auf der ca. 250 m entfernten Kahlfläche war mit einem dichten Filz von Deschampsia flexuosa bedeckt, der im Sommer im allgemeinen zweimal abgemäht wurde.

### 3. Meßmethode

Die Temperaturmessungen wurden mit Quecksilber-Bodenthermometern in 10, 30 und 50 cm Tiefe mit einer Ablesegenauigkeit von $^1/_{10}$°C durchgeführt. Die Ablesungen fanden in der Vegetationsperiode täglich in der Mittagszeit zwischen 12 und 13 h statt. Im Winter wurde nur einmal wöchentlich abgelesen. Die Ablesungen wurden vom 1. 10. 1963 bis zum 1. 10. 1968 durchgeführt.

Zur Ergänzung dieser Messungen wurde die Frühjahrserwärmung des Bodens im Jahre 1967 mit Hilfe von $Pt_{100}$-Fühlern in der Zeit vom 1. Februar bis 30. April verfolgt. Dazu waren für jede Meßstelle 5 Platinwiderstände, die jeweils in eine Messinghülse eingegossen worden waren, durch Reihenschaltung zu einer Meßkette vereinigt und über ein Meßkabel an einen Withof-Schreiber in der Meßbaracke angeschlossen worden. Auf diese Weise konnte die Durchschnittstemperatur an 5 verschiedenen Stellen der einzelnen Meßplätze in 0, 10 und 30 cm Tiefe erhoben werden. Die Registrierstreifen wurden in Abständen von jeweils 4 Stunden ausgewertet und die Skalenteile über Eichkurven auf °C umgerechnet. Für die Messung der Bodenoberfläche wurden die Meßkörper leicht mit Nadeln oder Laub bedeckt. Auf der Kahlfläche fand diese Messung nicht im Deschampsia-Filz sondern an Stellen mit nacktem Boden statt. Die Meßkörper wurden hier mit einer schwachen Erdschicht überdeckt, so daß die Messinghülsen keine direkte Strahlung erhielten.

### 4. Tagesgang der Bodentemperaturen im Frühjahr

Wie erwähnt, schwächen sich die Bodentemperaturen mit der zunehmenden Tiefe ab und ihre Maxima und Minima treffen dort außerdem mit zeitlicher Verzögerung ein.

In Abbildung 1 wird der Tagesgang der Lufttemperatur in 2 m Höhe und der Bodentemperaturen in 0, 10 und 30 cm Tiefe für die Zeit vom 5. bis 13. April 1967 gezeigt. Abschwächung und Verzögerung des Temperaturganges sind deutlich erkennbar. Während z. B. am 12. 4. 1967 das Maximum der Bodentemperatur an der Oberfläche der Kahlfläche mit 30,3°C um 16 h eintrat, findet sich für den gleichen Tag das Maximum der Temperatur in 30 cm Tiefe mit nur 11,5°C um 20 h.

In dieser Woche herrschte zunächst typisches Aprilwetter mit einem ständigen Wechsel von kurzen Aufheiterungen und Regen-, Schnee- und Graupelschauern. Am 8. 4. wurde die bis dahin kühle Witterung dann aber von wärmeren, südlichen Luftmassen abgelöst.

*In der kühlen Vorfrühlingsperiode* vom 5. bis 7. April überschneiden sich die Bodenoberflächentemperaturen der Kahlfläche vielfach mit denen der Bestände. Die höchsten Bodenoberflächentemperaturen haben wohl der Mischbestand und der Douglasienbestand mit starker Durchforstung, die geringsten der Douglasienbestand mit schwacher Durchforstung.

Die Lufttemperaturen auf der Kahlfläche (2 m Höhe) liegen im wesentlichen unter den Bodenoberflächentemperaturen.

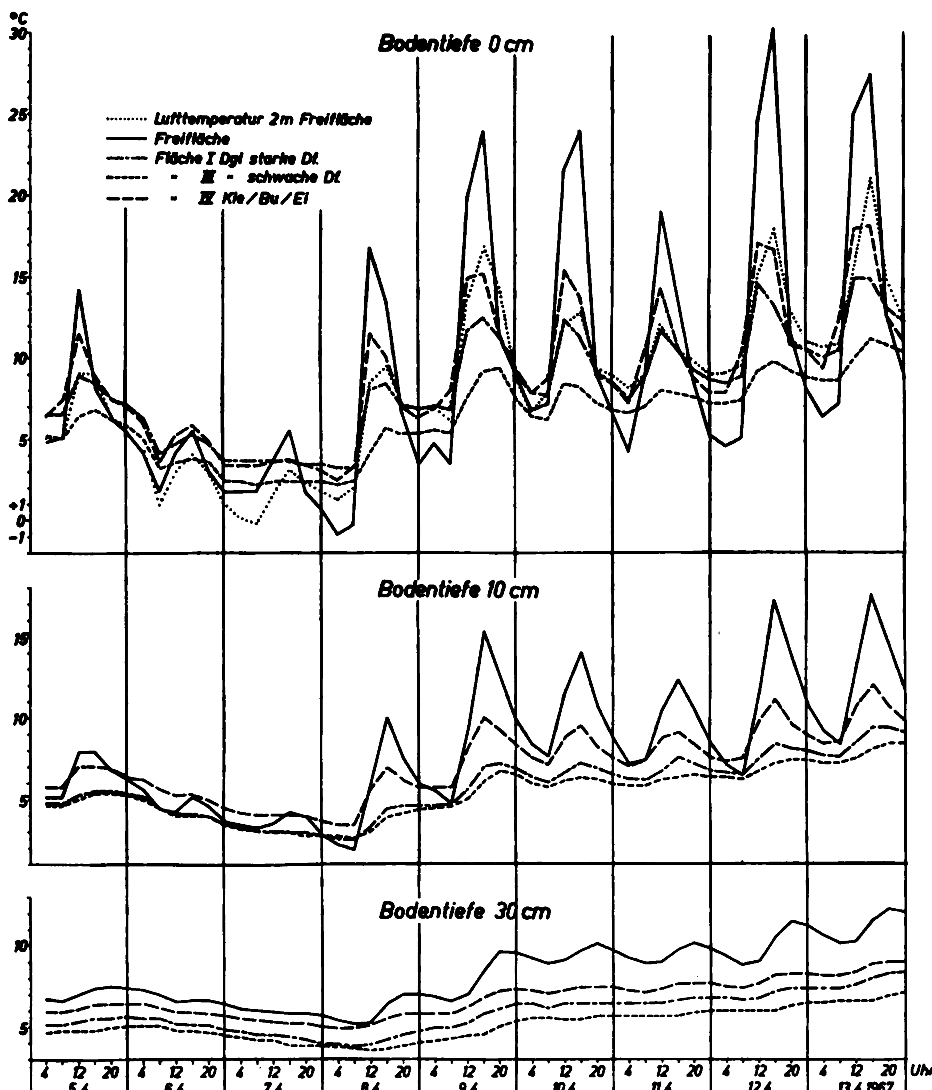



Abbildung 1

*Bodentemperaturen in 0, 10 u. 30 cm und Lufttemperatur in 2 m Höhe im Frühjahr 1967.*

Die Verzögerung und die Abschwächung der Schwankungen mit zunehmender Bodentiefe sind deutlich erkennbar.

In den tieferen Bodenschichten ist der Temperaturgang ausgeglichener, auch verschiebt sich die Reihenfolge mehr und mehr zu Gunsten der Bodentemperatur der Kahlfläche.

In der *darauffolgenden wärmeren Frühlingsperiode* vom 8. bis zum 13. April 1967 vergrößern sich die Amplituden der Tagesgänge wesentlich. Vor allem ist es die Oberflächentemperatur der Kahlfläche, die sich durch starke Erwärmung am Tage und kräftige Abkühlung während der Nacht auszeichnet. Im ganzen liegen die Kahlflächentemperaturen nun in allen untersuchten Tiefen über denen der verschiedenen Bestände.

Von diesen hat der Kiefern-Laubholz-Mischbestand die höchsten Bodentemperaturen. Durch die Einstrahlung, die tagsüber durch das lockere Geäst der lichtstehenden Kiefern und der noch kahlen Buchen und Eichen bis zum Waldboden vordringen kann, wird der Oberboden mehr und mehr erwärmt, während ihn des Nachts die trockene Laubdecke vor Ausstrahlung und Abkühlung schützt.

An zweiter Stelle steht die Douglasie mit starker Durchforstung, bei der die direkte Sonnenstrahlung durch die Lücken des Kronendachs stellenweise bis zum Waldboden vorzudringen vermag. Unter den wandernden Sonnenflecken erwärmt sich auch hier der Boden, wenn auch nicht in gleichem Ausmaß wie in dem viel weniger abgeschirmten Kiefern-Laubholz-Mischbestand.

Die niedrigsten Bodentemperaturen und zugleich die kleinsten Temperaturschwankungen hat die schwache Durchforstung, deren dichtgeschlossenes Kronendach nur gelegentlich einen Sonnenstrahl an den Waldboden läßt.

Die Lufttemperatur auf der Kahlfläche in 2 m Höhe macht die Tagesschwankungen der Bodenoberflächentemperatur der Kahlfläche zwar mit, ihre Amplituden betragen jedoch nur etwa $^1/_3$ derjenigen der Oberflächentemperatur.

### 5. Der Jahresgang der Bodentemperatur

Als Beispiel für den Jahresgang der Bodentemperaturen wird in Abbildung 2 ihr Ablauf in 30 cm Tiefe gezeigt. Die Darstellung beginnt mit dem 1. 5. 1966 und endet mit dem 1. 5. 1967.

Deutlich ist der *sinusartige Ablauf* der Temperaturkurve mit seinem Anstieg im Frühjahr, den Höchstwerten im Sommer, einem abrupten Sturz im Herbst, den Tiefstwerten im Januar und der darauffolgenden langsamen Erwärmung bis zum Frühjahr des folgenden Jahres erkennbar.

Dieser Ablauf vollzieht sich im Boden der verschiedenen Bestände und der Kahlfläche recht unterschiedlich. *Im Sommer 1966* ist die Bodentemperatur der Kahlfläche um 3 - 5 °C höher als die der Bestände. Sie liegt selbst in 30 cm Tiefe von Anfang Juli bis Mitte August über der Lufttemperatur. Trotz der Deschampsia-Decke an der Meßstelle wirkt sich die Sonneneinstrahlung am Südhang also auf der Kahlfläche besonders kräftig aus.

An zweiter Stelle steht der Kiefern-Laubholz-Mischbestand. Es folgt (mit in anderen Jahren oft gleichhohen Bodentemperaturen) der Douglasienbestand mit starker Durchforstung, während der Douglasienbestand mit schwacher Durchforstung stets deutlich (um ca. 1 °C) dahinter zurückbleibt.

Dieser Verlauf hält den ganzen Sommer über an. Er ändert sich erst mit dem Einsetzen der kalten Herbstwitterung im Oktober.

*Im Herbst und in den ersten Wintermonaten* finden wir dann die höchsten Bodentemperaturen im Mischbestand, wo der locker dem Boden aufliegende Laubabfall des letzten Jahres eine vorzügliche Isolierschicht darstellt.

Etwas kühler ist der Boden der Kahlfläche mit ihrer Deschampsiadecke und einer größeren Wärmenachlieferung aus tieferen Bodenschichten aber ungehinderter Ausstrahlung. (Im Gegensatz zum Sommer liegt die Bodentemperatur der Kahlfläche dabei erheblich über der Lufttemperatur.) An dritter Stelle steht der Douglasienbestand mit schwacher Durchforstung und an letzter Stelle derjenige mit starker Durchforstung, dessen lockeres Kronendach die Ausstrahlung anscheinend besonders wenig behindert und der infolge der geringen Kronenmassen auch nur eine schwache Streudecke mit geringer Isolierwirkung trägt.

*Im Laufe der Wintermonate* verschieben sich die Verhältnisse nun dadurch, daß durch Schnee, Regen und beginnende Humifizierung sich die Streudecke im Mischbestand verdichtet und ihre Isolierwirkung nachläßt. Die Überlegenheit des Mischbestands in den Bodentemperaturen geht damit etwas zurück. Die volle Sättigung des Oberbodens mit Regen und Schmelzwasser führt außerdem dazu, daß die Wärmeleitung im Boden besser wird und sich die Unterschiede zwischen den verschiedenen Beständen weitgehend verwischen und oft völlig ausgleichen.

Erst *Anfang März* setzt mit der Zunahme der Einstrahlung wieder eine stärkere Differenzierung der Bodentemperaturen in den verschiedenen Beständen ein. In der Kahlfläche treten wieder die höchsten Bodentemperaturen auf, gefolgt von dem Mischbestand, in dem sich die Strahlung vor Laubausbruch noch in einer deutlichen Anhebung der Bodentemperaturen auszuwirken vermag. Auch der während des Winters besonders kalte Douglasienbestand mit starker Durchforstung beginnt von der stärkeren Strahlung zu profitieren, während die Erwärmung in der schwachen Durchforstung sich sehr viel zögernder vollzieht.

Einen recht guten Einblick in diese Veränderungen der Bodentemperaturen in den verschiedenen Beständen bietet auch Abbil-

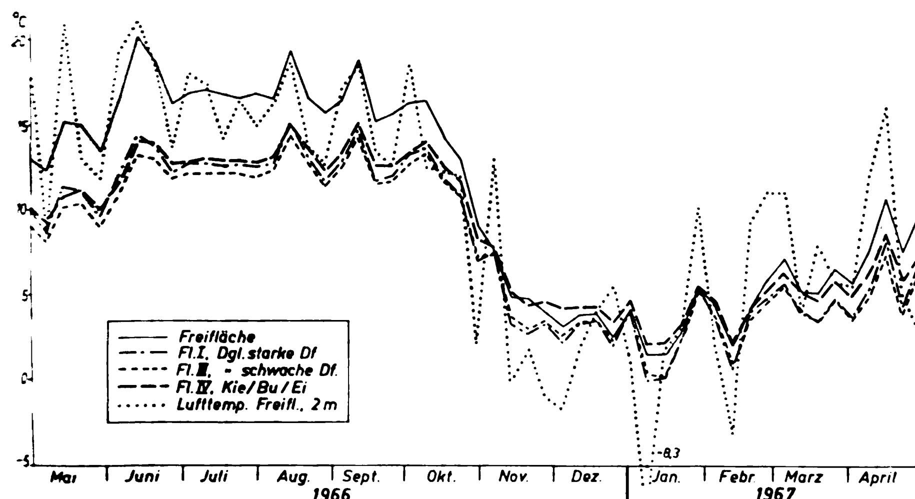



Abbildung 2
*Jahresgang der Bodentemperatur in 30 cm Tiefe, 1966/67.*
Aufgetragen wurden wöchentliche Durchschnittswerte der Ablesungen zwischen 12 und 13 h.
Im Sommer überwiegt die Bodentemperatur auf der Kahlfläche bei weitem. Es folgt die Bodentemperatur im Mischbestand, dem Douglasienbestand mit starker und schließlich demjenigen mit schwacher Durchforstung. Im Winter ist es im Boden des durch die Laubdecke gut geschützten Mischbestandes am wärmsten. Die niedrigsten Temperaturen weist die Douglasienfläche mit starker Durchforstung auf.

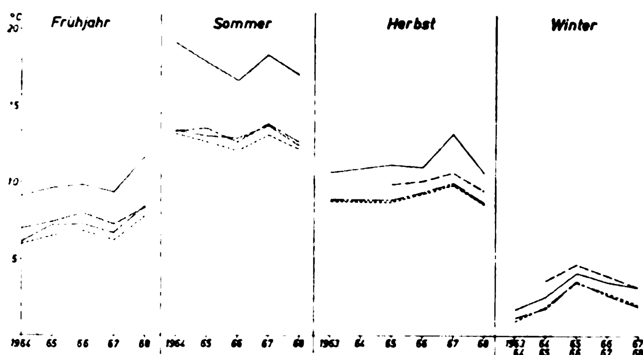



Abbildung 3

*Die Bodentemperaturen in 30 cm Tiefe in den 4 Jahreszeiten.* Aufgetragen wurden die durchschnittlichen Temperaturen um 12 h getrennt für die einzelnen Beobachtungsjahre (Signaturen siehe Abbildung 1 und 2).
Man erkennt die starke Erwärmung des Bodens der Kahlfläche im Sommer. Im Winter ist es dagegen im Kiefern-Laubholzmischbestand am wärmsten. Der Douglasienbestand mit starker Durchforstung hat in der Vegetationsperiode höhere Bodentemperaturen als der Bestand mit schwacher Durchforstung. Im Winter liegen seine Bodentemperaturen in mehreren Jahren ein wenig unter denen der schwachen Durchforstung.

dung 3, in der für die vier Jahreszeiten die durchschnittlichen Bodentemperaturen für 30 cm Tiefe, getrennt nach den Beobachtungsjahren aufgetragen wurden. Die Überlegenheit der Bodentemperatur der Kahlfläche im Frühjahr, Sommer und Herbst geht daraus ebenso deutlich hervor, wie die rasche Erwärmung des Mischbestandes im Frühjahr oder die bessere Bodenerwärmung der Douglasie mit starker gegenüber der schwachen Durchforstung im Frühjahr und Sommer.

Als Sommer wurde dabei jene Zeit angesehen, in der die Kahlflächen-Bodentemperatur in 30 cm Tiefe 15 °C überschritt. Für den Winter wurde die Zeit angenommen, in der 5 °C unterschritten wurden. Frühjahr und Herbst umfaßten die dazwischen liegenden Übergangsperioden.

## 6. Vergleich der Bodentemperatur in den Beständen mit derjenigen der Kahlfläche

Die Bodentemperatur der Kahlfläche und diejenige der Bestände wird durch die gleichen Umweltfaktoren, Strahlung, Lufttemperatur und Niederschlag beeinflußt. Trägt man die Bodentemperatur der Bestände über der Bodentemperatur der Kahlfläche auf, so lassen sich die Werte ohne Zwang durch eine Gerade ausgleichen.

Es schien nützlich für die verschiedenen Bodentiefen von 10, 30 und 50 cm Tiefe, diese Regressionsgeraden zu berechnen und die *Differenz von der Bodentemperatur der Kahlfläche zu den Bodentemperaturen in den Beständen* für verschiedene Temperaturstufen der Kahlfläche, getrennt für die vier Jahreszeiten, zusammenzustellen (Tabelle 1).

Betrachten wir die verschiedenen Jahreszeiten für sich, wobei wir davon ausgehen können, daß jeweils der mittlere in Tabelle 1 aufgezeigte Temperaturbereich die größte Häufigkeit besitzt.

Im *Frühjahr* kommen also Bodentemperaturen auf der Kahlfläche um 10 °C am häufigsten vor. Durch Kaltlufteinbrüche werden Temperaturen um 5 °C, an warmen Strahlungstagen solche um 15 °C erreicht. Wir sehen, daß bei den Kaltlufteinbrüchen die Differenzen zwischen Kahlfläche und Bestand kleiner werden. In 50 cm Tiefe ist dann die Bodentemperatur sogar in allen Beständen höher als die der Kahlfläche. Bei warmem Strahlungswetter dagegen heizt sich der Boden der Kahlfläche rascher auf, die Differenzen werden daher größer. Das gilt besonders für die Tiefe von 50 cm, in die die Wärme nur abgeschwächt und mit starker Verzögerung von oben her vordringt.

Im *Sommer* sind im Boden der Kahlfläche Temperaturen um 15 °C am häufigsten anzutreffen. Auch hier kühlt sich bei Kaltluftvorstößen (um 10 °C) der Boden der Kahlfläche rascher ab und die Differenzen gegenüber der Bodentemperatur der Bestände nehmen ab. An warmen Strahlungstagen (um 20 °C) ist das Umgekehrte der Fall. Hier finden sich jetzt die größten Temperaturdifferenzen des ganzen Jahres mit 5 - 6 °C. Wieder ist die Differenz in 50 cm Tiefe am größten. Der Unterschied gegenüber den höheren Bodenschichten von 10 und 30 cm Tiefe ist jedoch nicht

Tabelle 1

**Differenz von Bodentemperatur der Kahlfläche minus Bodentemperatur in den Beständen für verschiedene Bodentiefen und Jahreszeiten in °C. Ausgeglichene Mittelwerte der Jahre 1963 bis 1968 für verschiedene Temperaturstufen der Bodentemperatur auf der Kahlfläche.**

| Kahlflächen-Temp. | 0 °C | | | 5 °C | | | 10 °C | | | 15 °C | | | 20 °C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fläche *) | Mi | Dgl. st. | Dgl. schw. | Mi | Dgl. st. | Dgl. schw. | Mi | Dgl. st. | Dgl. schw. | Mi | Dgl. st. | Dgl. schw. | Mi | Dgl. st. | Dgl. schw. |
| *Bodentiefe 10 cm* | | | | | | | | | | | | | | | |
| Frühjahr | | | | 0,3 | 1,5 | 1,6 | 2,4 | 2,7 | 3,2 | 4,6 | 3,9 | 4,8 | | | |
| Sommer | | | | | | | 1,1 | 2,0 | 2,4 | 3,4 | 3,5 | 4,1 | 5,7 | 5,0 | 5,8 |
| Herbst | | | | — 0,3 | 1,1 | 0,9 | 1,1 | 1,9 | 1,9 | 2,5 | 2,7 | 3,0 | | | |
| Winter | — 0,9 | 0,4 | 0,3 | 0 | 0,9 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 1,1 | | | | | | |
| *Bodentiefe 30 cm* | | | | | | | | | | | | | | | |
| Frühjahr | | | | 0,3 | 1,8 | 1,7 | 2,4 | 2,8 | 3,3 | 4,4 | 3,8 | 4,8 | | | |
| Sommer | | | | | | | 1,4 | 2,2 | 2,6 | 3,5 | 3,7 | 4,2 | 5,6 | 5,3 | 5,9 |
| Herbst | | | | — 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 1,8 | 1,9 | 2,6 | 2,9 | 3,1 | | | |
| Winter | — 1,2 | 0,6 | 0,5 | — 0,2 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 1,2 | 1,4 | | | | | | |
| *Bodentiefe 50 cm* | | | | | | | | | | | | | | | |
| Frühjahr | | | | — 1,7 | — 1,1 | — 0,8 | 2,5 | 2,9 | 3,3 | 6,8 | 6,9 | 7,4 | | | |
| Sommer | | | | | | | 1,6 | 1,9 | 2,4 | 3,8 | 3,7 | 4,2 | 5,9 | 5,5 | 6,0 |
| Herbst | | | | — 1,2 | 0,6 | — 1,4 | 0,7 | 1,7 | 1,3 | 2,5 | 2,9 | 3,9 | | | |
| Winter | — 2,1 | — 0,5 | — 0,5 | — 0,1 | 1,2 | 1,1 | 1,9 | 2,9 | 2,8 | | | | | | |

*) Mi = Kiefern-Laubholz-Mischbestand; Dgl. st. = Douglasie, starke Durchforstung
Dgl. schw. = Douglasie, schwache Durchforstung

ganz so groß wie im Frühjahr, ein Zeichen, daß sich die unteren Bodenschichten langsam aufgewärmt haben.

Für den *Herbst* dürfen wir wieder Bodentemperaturen um 10 °C auf der Kahlfläche als besonders häufig annehmen. Im Herbst gehen die Differenzen zwischen Kahlflächen- und Bestandesbodentemperaturen schon stark zurück. Der Boden der Kahlfläche beginnt sich im ganzen etwas rascher abzukühlen als der durch den Kronenschirm und die Streuauflage vor Wärmeverlusten besser geschützte Boden der Bestände. An kalten Tagen (um 5 °C) ist es im Mischbestand in allen Tiefen bereits wärmer als in der Kahlfläche und zwar nunmehr besonders in 50 cm Tiefe. Auch in den Douglasienbeständen finden sich in größerer Tiefe geringere Differenzen zwischen Kahlfläche und Bestand als in den oberen Bodenschichten. An warmen Herbsttagen (um 15 °C) steigt die Differenz zwischen Kahlfläche und Beständen zwar wieder etwas an, bleibt aber weit hinter den sommerlichen Höchstwerten zurück.

Im *Winter* schließlich ist vorwiegend mit Bodentemperaturen um 5 °C auf der Kahlfläche zu rechnen. Wir sehen, daß es in dieser Jahreszeit im Mischbestand in allen Tiefen gleichwarm oder etwas wärmer ist wie auf der Kahlfläche. In den Douglasienbeständen liegt die Bodentemperatur dagegen auch jetzt um ca. 1 °C tiefer. An kalten Wintertagen (um 0 °C) erweist sich der Mischbestand als besonders gut gegen Wärmeverluste geschützt. Er hat Bodentemperaturen, die durchwegs höher sind, als die der Kahlfläche. Die Bodentemperaturen in den Douglasienbeständen liegen in den oberen Bodenschichten um etwa 0,5 °C unter denen der Kahlfläche, in etwa 50 cm Tiefe aber um etwa den gleichen Betrag darüber. Die Verzögerung des Temperaturganges in den tieferen Bodenschichten tritt also mit umgekehrtem Vorzeichen wieder deutlich hervor. An warmen Wintertagen (um 10 °C) bleibt die Bodentemperatur der Bestände stärker hinter der der Kahlfläche zurück, doch sind die Differenzbeträge wesentlich kleiner als an warmen Tagen der anderen Jahreszeiten.

Berechnungen für das Jahr 1966/67 ergaben, daß die Differenzen der durchschnittlichen Bodentemperaturen zwischen der Kahlfläche und den Beständen im Sommer zu 0,1 % in 10 und 30 cm Tiefe gesichert sind. Die Unterschiede in der Bodentemperatur zwischen dem Mischbestand und dem Douglasienbestand mit schwacher Durchforstung sind in 30 cm Tiefe im Frühjahr und Sommer gleichfalls zu 0,1 %, im Herbst und Winter zu 1 % gesichert. In 10 cm wurde nur im Frühjahr und Sommer eine Sicherung von 1 % gefunden. Die übrigen Differenzen zwischen den verschiedenen bestockten Flächen und zwischen diesen und der Kahlfläche sind nur in wenigen Ausnahmefällen gesichert, in der Mehrzahl der Fälle aber ungesichert.

## 7. Der Einfluß eines Durchforstungshiebes auf die Bodentemperatur

Im Herbst (September – Oktober) wurde in der Douglasienfläche mit starker Durchforstung ein kräftiger Hieb geführt. Dabei wurden 63 fm entnommen und die Grundfläche von 38,8 qm auf 31,3 qm abgesenkt. Gegenüber der Zeit vor dem Hieb ergaben sich in 30 cm Tiefe die folgenden Bodentemperaturen bzw. Temperaturdifferenzen (Tabelle 2).

In der Vegetationszeit, insbesondere im Frühling und Herbst hat der Durchforstungshieb also zu einer wesentlichen Vergrößerung der Differenz zwischen der starken und der schwachen Durchforstung geführt. In der starken Durchforstung war es nach dem Hieb um 0,5 bis 0,7 °C wärmer als in der schwachen. Im Winter ist dagegen in der starken Durchforstung nach dem Hieb die Ausstrahlung vergrößert worden, da in der Nähe von Freiburg nur selten Schnee fällt, der den Boden vor der Abkühlung schützen könnte. Die Bodentemperatur in dem Douglasienbestand mit starker Durchforstung war nach dem Hieb daher im Winter der schwachen Durchforstung merklicher als sonst unterlegen.

Tabelle 2

**Temperaturen in 30 cm Tiefe vor und nach der Durchforstung im Herbst 1964 in der Versuchsfläche Douglasie mit starker und schwacher Durchforstung in °C und Differenzen**

| Jahreszeit | | | starke Df. | schwache Df. | Differenz zwischen starker u. schwacher Df. |
|---|---|---|---|---|---|
| Frühjahr | 1964 | v. Df. | 6,09 | 5,96 | + 0,13 |
| Frühjahr | 1965 | n. Df. | 7,14 | 6,50 | + 0,64 |
| Sommer | 1964 | v. Df. | 13,33 | 13,18 | + 0,15 |
| Sommer | 1965 | n. Df. | 13,53 | 12,67 | + 0,86 |
| Herbst | 1963 | v. Df. | 8,88 | 8,81 | + 0,07 |
| Herbst | 1964 | n. Df. | 8,83 | 8,72 | + 0,11 |
| Winter | 1963/64 | v. Df. | 1,19 | 0,98 | + 0,21 |
| Winter | 1964/65 | n. Df | 1,79 | 1,83 | — 0,04 |

## 8. Gesamtbetrachtung

Die Untersuchungen haben recht beträchtliche Unterschiede zwischen den Bodentemperaturen der verschiedenen Bestände und der Kahlfläche erbracht. Wenn man bedenkt, daß die Lufttemperatur je 100 m Höhenzunahme um ca. 0,5 °C zurückgeht, entsprechen die Unterschiede in der Bodentemperatur zwischen Beständen und Kahlfläche an warmen Sommertagen etwa einem Höhenunterschied von 1000 m SH.

Waldbehandlung und Baumartenwahl sind also für das Bodenklima von großer Bedeutung. Erwartungsgemäß wirkt sich ein *Kahlschlag* durch *besonders starke Temperaturerhöhung im Sommer* aus. An dem lehnen Südhang war die *Abkühlung im Winter dagegen geringer als erwartet.* Die Bodentemperaturen der Kahlfläche waren im Winter nicht tiefer als die der Bestände. Das dürfte teils auf die hohe Einstrahlung am Südhang, teils auf die Verminderung der Ausstrahlung durch die Horizontüberhöhung und auf die ständige Luftbewegung (Hangab- und Hangaufwinde) zurückzuführen sein.

*Von den Beständen erwies sich der Boden des Mischbestands im Herbst und Winter als wärmer als der der Douglasienbestände. Da das Wurzelwachstum stark von der Bodentemperatur abhängt* (Hoffmann, 1966), *ist eine ausgedehntere Periode des Wurzelwachstums im Mischbestand daher durchaus möglich.*

*Im Sommer liegen die Bodentemperaturen in allen Beständen in ausreichender Höhe. Eine Begrenzung des Wachstums durch zu niedrige Bodentemperaturen ist in dieser Zeit nicht zu erwarten.*

*Indessen ist es nicht ausgeschlossen, daß im Frühling und Herbst das Wurzelwachstum — vielleicht auch das oberirdische — des dicht geschlossenen, schwach durchforsteten Douglasienbestands durch die dort herrschenden besonders niedrigen Bodentemperaturen gegenüber den anderen Beständen beeinträchtigt ist. Ein späterer Beginn des Wurzelwachstums im Frühjahr und ein früherer Abschluß im Herbst liegt wenigstens durchaus im Bereich der Möglichkeiten.*

## 9. Zusammenfassung

In einem Kiefern-Laubholz-Mischbestand, zwei verschieden stark durchforsteten Douglasienbeständen und einer Kahlfläche wurden von 1963 bis 1968 die Bodentemperaturen in 10, 30 und 50 cm Tiefe gemessen. Außerdem fand für kürzere Zeit auch eine Messung der Lufttemperatur und der Bodentemperatur in 0, 10 und 30 cm Tiefe statt.

Abbildung 1 zeigt den Tagesgang der Bodentemperaturen im Frühling in verschiedenen Tiefen mit besonders großen Schwankungen der Oberflächentemperatur.

Der Jahresgang wird in Abbildung 2 und 3 dargestellt. Der Boden der Kahlfläche ist danach im Sommer am wärmsten, es

folgen der Mischbestand und dann die Douglasienbestände mit starker und schwacher Durchforstung. Im Winter ist der Boden des Mischbestandes am wärmsten, der des Douglasienbestands mit starker Durchforstung am kältesten.

In Tabelle 1 werden die Differenzen zwischen den Bodentemperaturen der Kahlfläche und der Bestände mitgeteilt. Es zeigt sich, daß sie an kühlen Tagen sehr viel geringer sind als an warmen und im Winter sehr viel kleiner als im Sommer.

Wie Tabelle 2 zeigt, wirkt sich ein starker Durchforstungshieb deutlich auf die Bodentemperaturen aus.

### Summary

Title of the paper: *Soil temperatures in coniferous and broadleaf stand near Freiburg/Br.*

Soil temperaturs were measured at 10, 30 and 50 cm depth in the open, a pine-broadleaf mixed stand and two Douglas fir stands which had been differently thinned. Measurements were made from 1963 to 1968. For a shorter period air and soil temperatures at 0, 10 and 30 cm depth were measured simultaneously.

Fig. 1 shows the daily march of soil temperatures in spring with wide fluctuations of surface temperatures. The annual march is shown in fig. 2 and 3. During summer the soil is warmest in the open, followed by the mixed stand and the two Douglas fir stands. During winter, the soil of the mixed stand has the highest temperatures, and the heavily thinned Douglas fir stand has the coldest soil.

Tab. 1 shows the differences of soil temperatures between the open and the stands. The differences are smaller on cool days and during winter. Tab. 2 demonstrates the noticeable effect of thinning on soil temperatures. E. F. B.

### Résumé

Titre de l'article: *Recherches sur la température du sol dans quelques peuplements feuillus et résineux des environs de Fribourg en Brisgau.*

Dans un peuplement mélangé de pins et de feuillus, dans deux peuplements de Douglas soumis à des éclaircies d'intensités différentes et sur terrain découvert, on a procédé de 1963 à 1968 à des mesures de température du sol à des profondeurs de 10, 30 et 50 cm. En outre, pendant des périodes assez courtes, on a également enregistré la température de l'air et les températures du sol aux profondeurs 0, 10 et 30 cm.

La figure 1 donne les variations journalières des températures du sol au printemps; les différences les plus importantes sont observées en surface.

Les variations annuelles sont données dans les figures 2 et 3. En été, c'est le sol de la parcelle nue qui est le plus chaud, se classent ensuite le peuplement mélangé puis les peuplements de Douglas fortement et faiblement éclaircis. En hiver, c'est le sol du peuplement mélangé qui est le plus chaud et celui du peuplement de douglas fortement éclairci le plus froid.

Le tableau 1 indique quelles sont les différences des températures du sol entre la parcelle en terrain nu et les peuplements. On constate que ces différences sont beaucoup plus faibles pour les journées froides que pour les journées chaudes et en hiver qu'en été. Le tableau 2 montre qu'une éclaircie forte influence nettement les températures du sol. J. M

### Literatur

Ångström, A.: Jordtemperaturen i bestånd av olika täthet. Medd. fra Stat. Skogsförsöksanst. 19: 187 - 218. 1936/37. — Chroust, L.: Změna prostředi borové tyčoviny pod vliven výchovných zásahů. Lesnictví 6: 435-454. 1960. — Chroust, L.: Porostní klima smrkových tyčkovin při výchově silnými zásahy. Lesnicky časopis. 11: 1067 - 1088. 1965. — Göhre, K. und Lützke, R.: Der Einfluß von Bestandesdichte und Struktur auf das Kleinklima im Walde. Archiv f. Fw. 5: 487 - 572. 1956. — Hoffmann, G.: Beeinflussung des Wurzel- und Sproßwachstums der Robinie (Robinia pseudocacia L.) durch Beheizung. Arch. f. Fw. 17: 431 - 435. 1968. — Ladefoged, K.: Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. Det Forstlige Forsøgsvaesen i Danmark. 16: 1 - 256. 1946. — Mitscherlich, G., Moll, W., Künstle, E. und Maurer, P.: Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen im Rein- und Mischbestand. AFJZ 136: 279 - 283. 1966. Mitscherlich, G. und Moll, W.: Untersuchungen über die Niederschlags- und Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse in einigen Nadel- und Laubholzbeständen in der Nähe von Freiburg/Br. AFJZ 141: 49 - 60. 1970. — Ott, E.: Über den Einfluß der Durchforstung auf ökologische Faktoren. Beih. z. Schweiz. Forstverein, No. 40. 1966.

# Anatomisch-histologische Untersuchungen im Bereich der Astabzweigung bei Nadel- und Laubbäumen

## I. Die Verhältnisse im Abzweigungsbereich der Langtriebe von Nadelbäumen

Aus dem Institut für Biologische Holzforschung der Universität Freiburg i. Br. (BRD)

(Mit 14 Abbildungen)

Von Dietrich Böhlmann

### Einleitung

Die Seitenzweige der Bäume und Sträucher gehen in der Regel aus einer in der Achsel eines Blattes entstehenden Knospe hervor. Die Abgangsbereiche von Blatt und Seitenachse bilden die Nodien einer Sproßachse. Sie sind bei krautigen Pflanzen schon recht gut erforscht. Bei Bäumen und Sträuchern blieb es in dieser Hinsicht bis jetzt bei wenigen Ansätzen, die zudem nicht immer der ausschließlichen Erkundung des Abzweigungsbereiches galten.

Dazu gehören vor allem die Untersuchungen, die sich mit Astabsprüngen befassen. Höhnel (1878, 1880) und neuerdings Höster et al. (1968) erkundeten auf der Suche nach den anatomisch-histologischen Voraussetzungen der Zweigseparation die Absprungzone. Diese bildet aber nur einen Teil des Abzweigungsbereiches. Die vergleichenden histologischen Untersuchungen gestielter und sitzender Knospen von Braun (1960) kommen der Thematik der vorliegenden Arbeit schon näher. Die von Kienitz (1878) und Strasburger (1891) direkt auf den Abzweigungsbereich der Coniferen gerichteten Beobachtungen halten sich noch im grobanatomischen Bereich.

Unsere Untersuchungen richteten sich auf die anatomischen und histologischen Verhältnisse im Gesamtbereich der Astabzweigung bei Nadel- und Laubbäumen. Die Ergebnisse werden in 5 Fortsetzungen mitgeteilt. Die erste befaßt sich mit den Verhältnissen im Abzweigungsbereich der Langtriebe von Nadelbäumen.

## Material und Methoden

Die Vorauswahl der in die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit einbezogenen Baumarten erfolgte in Anlehnung an das Bautypensystem von BRAUN (1963). Es wurden i. d. R. zunächst erst einmal die Leitbaumarten der Bautypen untersucht und zur Absicherung der Ergebnisse oft weitere Vertreter herangezogen.

Zur Untersuchung gelangten Verzweigungsabschnitte der Nadelholzarten Pseudotsuga taxifolia (Poir.) Britton, Tsuga heterophylla (Raf.) Sarg., Pinus sylvestris L., Larix decidua Mill., Chamaecyparis lawsoniana (A. Murr.) Parl., Thuja plicata D. Don. und der Laubbaumarten Fagus silvatica L., Betula pendula Roth, Acer platanoides L., Acer pseudoplatanus L., Fraxinus excelsior L., Juglans regia L., Quercus robur L., Tilia cordata Mill. und Populus Sektion Aigeiros. Verwendet wurde Frischmaterial des Abzweigungsbereiches zwischen Haupt- und Seitenachse I. Ordnung und Seitenachsen höherer Ordnung. Da die anatomischen Verhältnisse der Abzweigung zwischen den verschiedenen Achsen sich aber grundsätzlich gleichen, wird bei der Beschreibung allgemein von Träger- und Seitenachse gesprochen. Sollten mit zunehmendem Alter in der Abzweigungszone Änderungen eintreten, so werden sie vermerkt.

Zur Herausarbeitung der anatomisch-histologischen Verhältnisse des Abzweigungsbereiches wurden Quer- und Längsschnittserien angefertigt. Gute Aufschlüsse lieferten dabei die „Querschnitte vom Ast her" (Abb. 1). Hierbei wird stets nur die Seitenachse bis zur völligen Eingliederung in die Trägerachse durch eine laufende Korrektur der Einspannung des Verzweigungsblockes quer geschnitten. Die Leitbahnen der Trägerachse werden dabei schräg angeschnitten. Ergänzend wurden deshalb oft noch Querschnittserien von der Trägerachse angefertigt, wobei dann ihrerseits die schräg und oft gekrümmt abgehende Seitenachse nur angeschnitten wird.

In der Längsrichtung wurde der Abzweigungsbereich von tangential nach radial zu Schnittserien zerlegt. Der Block wurde dabei so orientiert, daß die Seiten- und Trägerachse von der Schnittführung gleichzeitig erfaßt werden. Dabei erhält man den sogenannten Medianschnitt, der einen Längsschnitt durch die Mitte beider Achsen darstellt. Er und die nächst anschließenden Sagittalschnitte waren für die Aufklärung der anatomisch-histologischen Verhältnisse der Abzweigung die aufschlußreichsten Schnitte (Abb. 1).

Trotz dieser verschiedenen Schnittrichtungen war es nicht einfach, diesen Bereich in seiner Dreidimensionalität zu erfassen und vor allem abzubilden. Aufgrund des oft stark gekrümmten Verlaufes der Leitbahnen konnten diese nie in ihrem ganzen Verlauf verfolgt werden. Verwirbelungen erschwerten die Analyse erheblich. Eine überschaubare photographische Wiedergabe war aus diesen Gründen nicht immer möglich. Deshalb mußte zur schematischen Darstellung gegriffen werden, durch die die tatsächlichen anatomischen Verhältnisse aber nicht vollkommen und befriedigend wiedergegeben werden können.

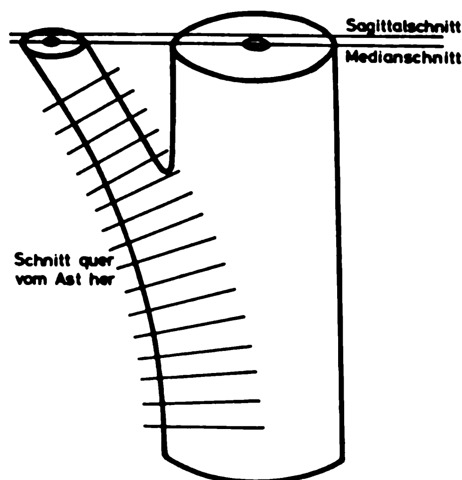


Abb. 1
Darstellung der wichtigsten Schnittrichtungen durch den Abzweigungsbereich.

Die Anfertigung der Schnitte erfolgte auf dem Gefriermikrotom von Leitz bei — 25° C. Die Schnitte hatten eine Dicke von 18 - 28 $\mu$; sie wurden in Eiweißglycerin eingeschlossen. Zur Kontrastierung wurden die Schnitte oft mit Anilinsulfat gefärbt, welches die verholzten Gewebe gelb färbt und damit gleichzeitig einen Überblick über verholzte und unverholzte Gewebe im Abzweigungsbereich ergab. Zum Anfärben von Zugholzpartien wurde Chlorzinkjod, für Druckholzkomplexe Phloroglucin + Salzsäure verwendet. Der Stärkenachweis erfolgte mit Jodjodkalium. Zur Kontrolle der Vitalität der parenchymatischen Gewebe wurden die Schnitte nach vorheriger Fixierung in Carnoy-Lösung mit Hämalaun + Safranin (ROMEIS 1948) behandelt. Der Nachweis saurer Phosphatasen in lebenden parenchymatischen Geweben er-

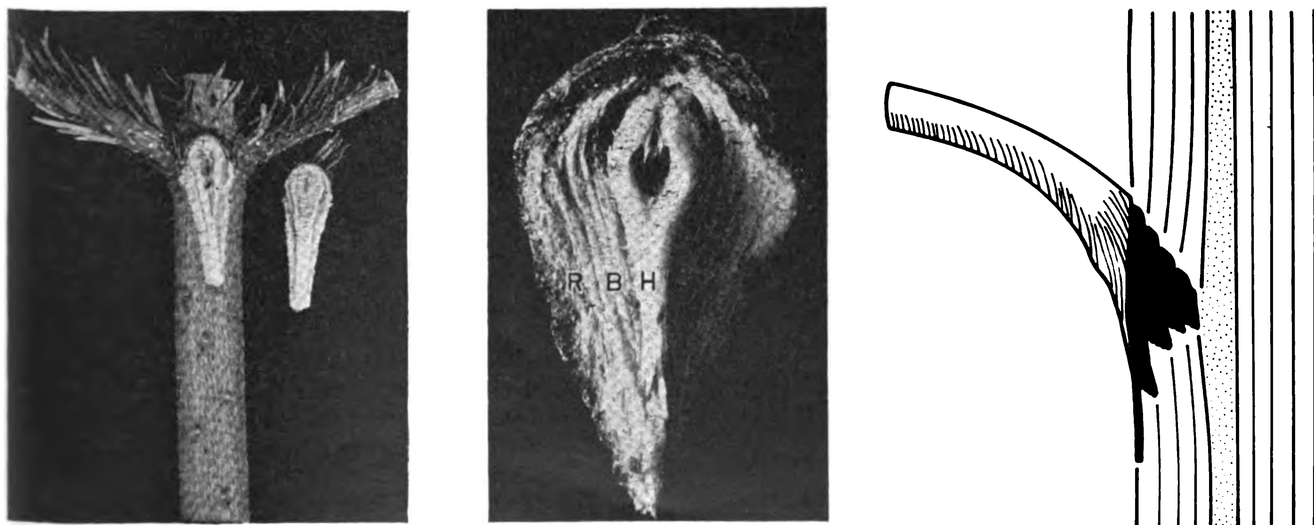


Abb. 2 (links): Abies alba Mill. Ansicht einer aus ihrer Verankerung in der Trägerachse gelösten Seitenachse I. Ordnung (1/2 x). Die Leitbahnen des Astabgangsschildes laufen spitz-keilartig aus. — Abb. 3 (Mitte): Chamaecyparis lawsoniana (A. Murr.) Parl., Rückansicht eines aus der Trägerachse gerissenen Seitenachsenabganges. Der Holzanteil (H) mit dem Markkanal erscheint im Vergleich zu dem Mantel von Bast (B) und primärer Rinde (R) recht klein. Die Bastleitbahnen ziehen analog zu denen des Holzes in die Seitenachse. Die Bastleitbahnen der Astoberseite müssen den Holzanschluß umgehen (2 1/2 x). — Abb. 4 (rechts): Schema der Seitenansicht der Verankerung der Seitenachse in der Trägerachse bei den Coniferen.

folgte mit der Gomori-Reaktion nach der bei FREY (1954) beschriebenen Form. Um zu erfahren, welche Gewebekomplexe des Abzweigungsbereiches vom Transpirationsstrom durchflossen werden bzw. unberührt bleiben, wurde dem von den Achsen, die unter Wasser nachgeschnitten wurden, aufgenommenen Transpirationswasser das im UV-Licht fluoreszierende Berberinsulfat (Verdünnung 1 : 1000) zugesetzt.

Die vorstehenden Ausführungen gelten für alle folgenden 5 Fortsetzungen.

## Ergebnisse

### *1. Das grobanatomische Bild der Astabzweigungen*

Wird ein etwas älterer Nadelholzast aus seiner Verankerung in der Trägerachse gerissen, so kann man feststellen, daß die in die Seitenachse ziehenden Tracheidenbahnen erst in unmittelbarer Nähe des Astabganges aus den Leitbahnen der Trägerachse hervorgehen. Die Tracheiden der in den Ast ziehenden Bahnen schieben sich mit ihren Spitzen zwischen die Bahnen der Trägerachse oder lehnen sich an diese an und erhalten dadurch einen ausreichenden Tüpfelkontakt (Abb. 2).

Bei den Cupressaceen scheint der Astabgang gegenüber denen der Pinaceen allgemein etwas breiter und wuchtiger angelegt zu sein. Die bei ihnen in die Seitenachse ziehenden Bast-, Holz- und Rindengewebe bilden ein recht kräftiges Astabgangsschild (Abb. 3).

Aus diesen Beobachtungen konnte die in Abb. 4 wiedergegebene Seitenansicht rekonstruiert werden. Die mächtiger werdenden Holzmäntel der äußeren Jahresringe des Astabgangsschildes weisen dabei eine zunehmende Abgangs- bzw. Kontaktfläche zur Trägerachse auf.

### *2. Die Astabzweigung der Cupressaceen*

Die Äste der Cupressaceen gehen in einem relativ spitzen Winkel von der Trägerachse ab. Die Leitbahnen der Träger- und der sich ausgliedernden Seitenachse haben dadurch in der Achsel noch eine große Kontaktfläche. Zwischen den auseinanderweichenden Achsen befindet sich, und das ist das Bemerkenswerte an der Abzweigung der Cupressaceen, in der Achsel eine *Parenchymzone* die die Leitbahnen der Seiten- und Trägerachse trennen (Abb. 5).

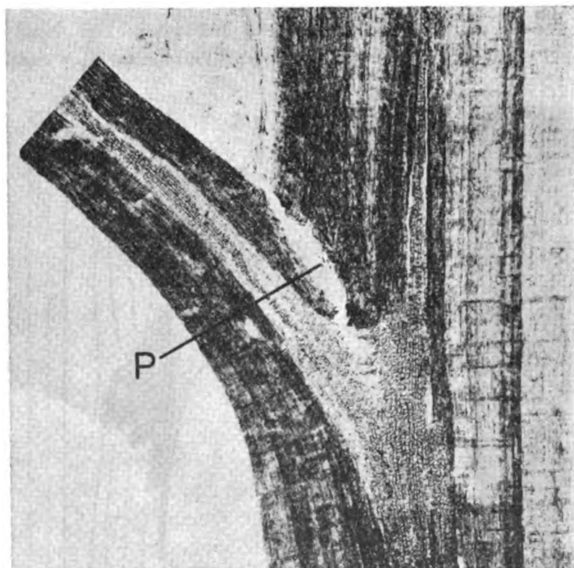



Abb. 5
Thuja plicata D. Don. Medianschnitt durch den Abzweigungsbereich eines zweieinhalbjährigen Triebes. Der Schnitt wurde zur besseren Kontrastierung mit Phloroglucin+Salzsäure gefärbt. Die verholzten Gewebe erscheinen auf dem Bild dunkel. Die Zellwände der Parenchymzellzone (P) sind unverholzt und zudem so dünnwandig, daß sie auf dem Übersichtsbild nicht zu erkennen sind (12 x).

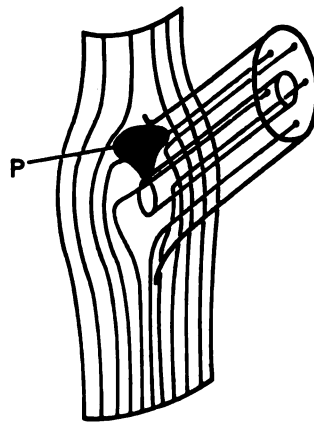



Abb. 6
Schemazeichnung mit Wiedergabe der Ausdehnung der bei den Cupressaceen sich zwischen der Träger- und Seitenachse befindenden Parenchymzone (P). Die Zeichnung zeigt außerdem den Verlauf einiger in den Ast ziehenden Leitbahnen. Eine genaue Beschreibung erfolgt hierzu bei Abb. 10.

Die Zellen dieser Parenchymzone werden in der Achsel vom Kambium nach innen abgeteilt. Die Zone wächst mit den zunehmenden Holzmänteln der Träger- und Seitenachse mit. Die Zellwände des Parenchyms der Achselzone einer jungen Abzweigung sind grundsätzlich unverholzt. Sie sind bei Thuja zudem sehr dünnwandig, bei Chamaecyparis dagegen dickwandiger. Zwischen den Parenchymzellen sind keine Tüpfelverbindungen zu erkennen. Die Zellen sind isodiametrisch bis schwach prosenchymatisch geformt. Stärke wird von ihnen nicht gespeichert. Hinsichtlich der Phosphataseaktivität weichen die Parenchymzellen der Achselzone nicht von denen des Markes und Holzes ab. Die Parenchymzone von Thuja ist gegenüber der von Chamaecyparis breiter. Die ungefähre Ausdehnung der Zone gibt die Abb. 6 wieder.

Im Alter von 2 - 3 Jahren beginnt die Parenchymzone der Abzweigung von unten her nachträglich kontinuierlich zu verholzen. Vom 4. Jahresring an werden die Parenchymzellen der Achsel von Tracheiden abgelöst, die im Medianschnitt quer getroffen werden. Von hier an gleicht die Achselzone dann der sogenannten „Störzone", die ausführlicher bei den Pinaceen beschrieben wird.

Die Parenchymzone reicht selbstverständlich bis in den Bast hinein, bildet hier aber mehr ein Füllgewebe zwischen den in der Achsel auseinanderweichenden Bastleitbahnen der Träger- und Seitenachse. Die Bastleitbahnen der Seitenachse, die teilweise den Xylemanschluß umfahren müssen, um auf die Flanken und Oberseite zu gelangen, bilden bei den Cupressaceen ein mächtiges, asteigenes „Schild" (Abb. 3). Die auf die Flanke und Oberseite des Astes ziehenden Baststränge erfahren recht beträchtliche Verlagerungen. In ihnen wird teilweise auf die Bildung der bei den Cupressaceen regelmäßig im Viererrhythmus entstehenden Bastfasern verzichtet.

### *3. Die Astabzweigung der Pinaceen*

Die Äste der Pinaceen gehen oft fast rechtwinklig von der Hauptachse ab. Die überwiegende Zahl der in die Seitenachse ziehenden Leitbahnen kommt aus dem basalen Teil der Trägerachse. Sie schwingen in einem relativ weiten Bogen in die Seitenachse ein (Abb. 7). Diese Leitbahnen erfahren beim Übergang in die Abzweigung keine histologischen und größenmäßigen Veränderungen.

In der Achsel des Seitenachsenabganges der Pinaceen findet sich, median gelegen, ein scheitelwärts gerichteter Anschluß zum oberen Teil der Trägerachse. Er fehlte den Cupressaceen. Der Anschluß ist nur wenige (4 - 5) Siebzell- und Tracheidenreihen breit und

wird gleichzeitig mit der Ausbildung der Leitbahnen in der jungen Knospe angelegt (Abb. 7 und 12). In den Sagittalschnitten kann dieser Anschluß schon nicht mehr festgestellt werden (Abb. 8). Er ist also streng auf den Medianbereich beschränkt.

In den sagittalen Bereichen der Achsel biegen einige Tracheidenbahnen, die zur Oberseite des Astes ziehen, in der Achsel mit einem relativ scharfen Knick (Abb. 8, Hi) in dessen Achsenrichtung

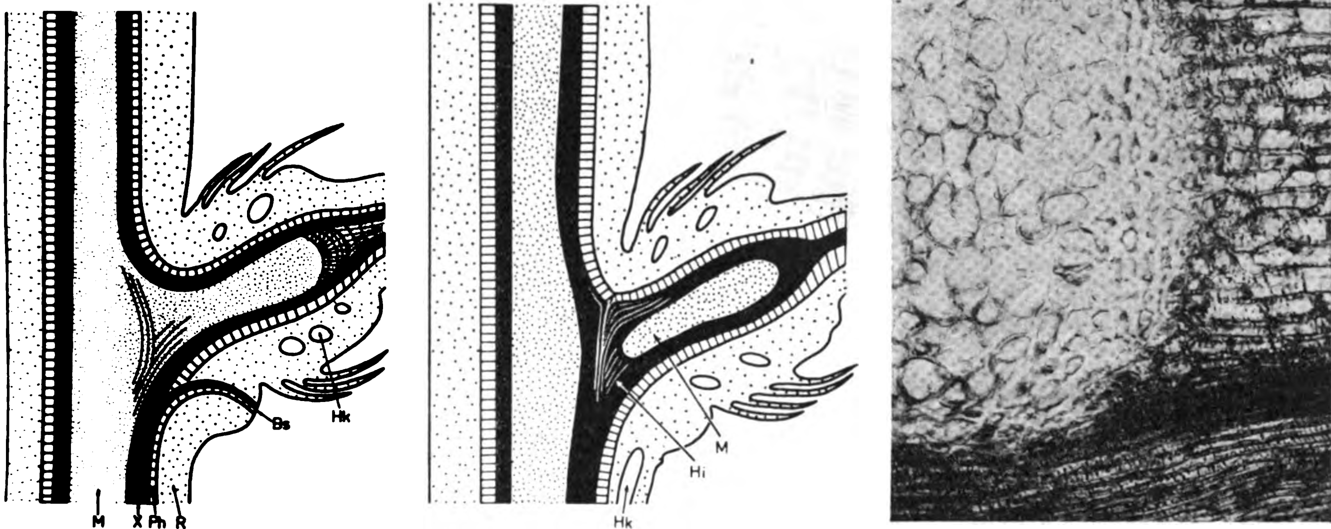



Abb. 7 (links): Medianschnitt durch den Abzweigungsbereich einer jungen Seitenachse der Pinaceen. Bemerkenswert ist der Anschluß der Seitenachse an den apikalen Teil der Trägerachse in der Achsel der Abzweigung. Das Markparenchym ist am Beginn des Seitenachsenabganges zu Zellsträngen geordnet, die sich dem Abgang einfügen (siehe schwarze Leitlinien im Mark). Interessant ist auch die Markkappe an der Spitze der ursprünglichen Knospe. Abkürzungen: M = Mark, X = Holz, Ph = Bast, R = Rinde, Bs = Blattspur, Hk = Harzkanal. — Abb. 8 (Mitte): Sagittalschnitt durch den Abzweigungsbereich einer jungen Seitenachse der Pinaceen. Die auf die Oberseite der Seitenachse ziehenden Leitbahnen knicken in der Achsel relativ scharf ab (siehe Hi = Hilfslinien für die Darstellung des Verlaufes der Leitbahnen). Ein Anschluß nach oben besteht sagittal nicht mehr. Die Knospenschuppen waren an der Basis des jungen Sprosses noch erhalten. — Abb. 9 (rechts): Pseudotsuga taxifolia (Poir.) Britton. Kollenchymatisch verstärkte Markendkappe des ursprünglichen Knospenmarkes. Die anschließenden Markzellen des austreibenden Sprosses sind prosenchymatisch in axialer Richtung gestreckt (83 x).

ein. Ähnliches gilt auch für die analogen Leitbahnen des Bastes. Die Bastleitbahnen der Astoberseite müssen den Holzteil des Seitenachsenanschlusses umgehen.

Das Mark der ursprünglichen Knospe ist stark aufgebläht. Dadurch ergibt sich ein breiter Markanschluß der Seitenachse zum Mark der Trägerachse. Dieser breite „Markpfropf“, der an der Spitze der Knospe nach deren Ausdifferenzierung im Jahr der

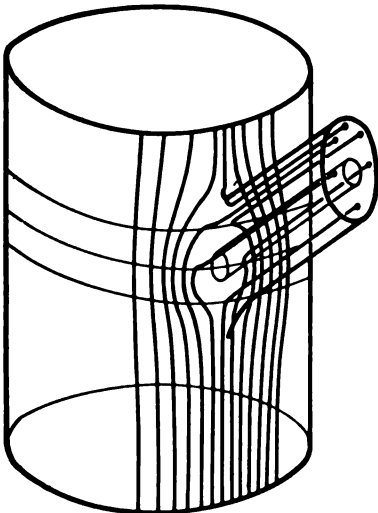


Abb. 10
In der Abbildung sind exemplarisch sechs in die Seitenachse hineinziehende Leitstränge und ihr Verlauf wiedergegeben: ein oberer, ein unterer und vier lateral gelegene Leitstränge.

Anlage nur von dem Spitzenmeristemmantel überdeckt ist, bildet bei der Douglasie eine auffällige Markkappe (Abb. 7, 9, 11).

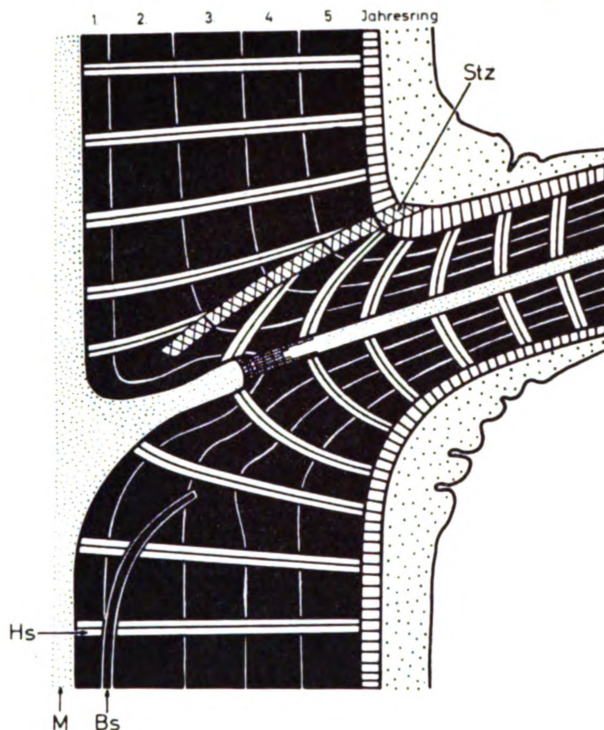
Die Markkappe besteht aus 3 - 4 Zellschichten, deren Zellen kollenchymatisch verstärkt sind. Sie leben auch noch im mehrjährigen Sproß, speichern aber keine Stärke. Die unmittelbar an die Knospen-Markendkappe anschließenden Markparenchymzellen des austreibenden Seitensprosses sind stark prosenchymatisch in axialer Richtung gestreckt (Abb. 9). Sie gehen aber kontinuierlich wieder zur isodiametrischen Normalform über. Eine ähnliche Gliederung des Markes konnte auch bei den Kurztrieben von Larix gefunden werden.

Aus der Betrachtung von Serienschnitten und der Mazeration des Astabganges ergaben sich die in Abb. 10 wiedergegebenen räumlichen Verhältnisse des Leitbahnverlaufes im Abzweigungsbereich. Sie gelten allgemein für alle Langtriebe der Pinaceen.

Die Leitbahnen der Flanken und der Oberseite der Seitenachse ziehen, umgeben von den dem Seitenachsenanschluß ausweichenden Leitbahnen der Trägerachse, an der Peripherie der Trägerachse aufwärts und schwingen dann in die Seitenachse ein. Die abgehenden Seitenachsen der Pinaceen sind dadurch bereits an der Peripherie der Trägerachse weitgehend radiär aufgebaut.

Der spitzenwärts gerichtete Anschluß der Seitenachse mit durchgehenden Leitbahnen besteht nur im Jahr der Anlage der Seitenachse (Knospenzustand) und während des Austriebes der Seitenachse, also etwa noch eine weitere halbe Vegetationsperiode. Danach wird dieser Anschluß unterbrochen.

In der Achsel eines *älteren* Seitenachsenabganges kann auf einem Längsschnitt durch den Medianbereich eine Art „Störzone“ festgestellt werden. Es handelt sich dabei um im Holzteil quergetroffenes Tracheidengewebe und im Bastteil um gleichartig



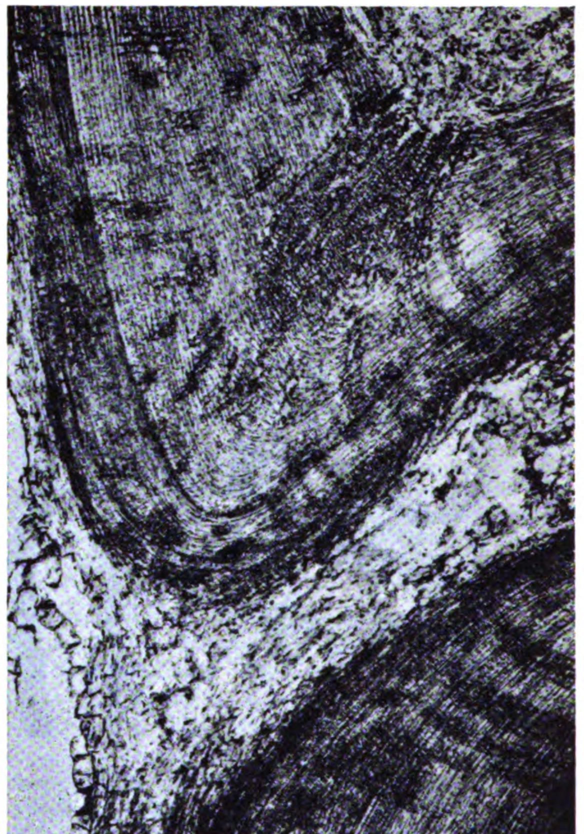



Abb. 11 (links): Pseudotsuga taxifolia (Poir.) Britton. Längsschnittschema durch den Medianbereich der Abzweigungszone einer mehrjährigen Seitenachse. Die Abbildung gibt den Verlauf der Jahresringe über die Abzweigungszone wieder. Sie zeigt die Orientierung der Holzstrahlen (Hs) und die Markendkappe der ursprünglichen Knospe. Wichtig ist die in der Achsel zwischen den Geweben der Träger- und Seitenachse eingefügte Störzone (Stz). Weitere Abkürzungen: M = Mark, Bs = Blattspur. — Abb. 12 (rechts): Pseudotsuga taxifolia (Poir.) Britton. Der Ausschnitt aus der Achsel der Abzweigung zeigt den Anschluß nach oben und die sich nach 1 1/2 Jahresringen einstellende Störzone (46 x).

orientierte Siebelemente, die keilartig in die umgebenden, in Achsenrichtung orientierten Gewebe der Träger- und Seitenachse eingefügt sind (Abb. 11 und 12).

Ein Ausweichen des ursprünglichen, scheitelwärts gerichteten Achselanschlusses in sagittale Bereiche älterer Jahresringe des Seitenachsenabganges konnte nicht festgestellt werden. Eine direkte Verbindung zwischen dem apikalen Teil der Trägerachse und der Seitenachse scheint somit in der älteren Abzweigung nicht mehr zu bestehen.

Auf Schnitten, die die Seitenachse quer treffen und die Trägerachse tangential anschneiden (Schnitt quer vom Ast her), kann festgestellt werden, daß es sich bei der Störzone um Leitbahnen des Holzes und Bastes handelt, die dem Seitenachsenanschluß ausweichen und auf kurzer Strecke über der Seitenachse quer zum normalen Längsverlauf ziehen, ehe sie wieder in die axiale Richtung einschwingen. Teilweise handelt es sich aber auch um im toten Winkel über der Seitenachse (Abzweigungslücke) in stets fast gleicher Weise hufeisenförmig gekrümmte Tracheiden und Siebzellen (Abb. 13). Sie unterbrechen den ursprünglich in der Seitenachse bestehenden apikal gerichteten Anschluß.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß der Astabgang, insbesondere der ältere, stets von einem Bastwulst umgeben ist. Er ist besonders auf der Unterseite gefaltet. Die Fältelung resultiert aus dem allmählichen Absinken des älter werdenden Astes. In dem gefalteten Wulst finden sich zahlreiche Sklereiden. Deren Entstehen dürfte sich aus den Spannungen des Faltungsvorganges ergeben. Der Bastwulst wird von gleichmäßig verteilten Harzkanälen durchzogen. Die die Siebzellen im Bast begleitenden Kristallzellen treten im Abzweigungsbereich gehäuft auf.



Abb. 13
Pseudotsuga taxifolia (Poir.) Britton. In der Abzweigungslücke über der quer geschnittenen Seitenachse (unten) finden sich stets fast gleichartig verwirbelte Tracheiden (46 x).

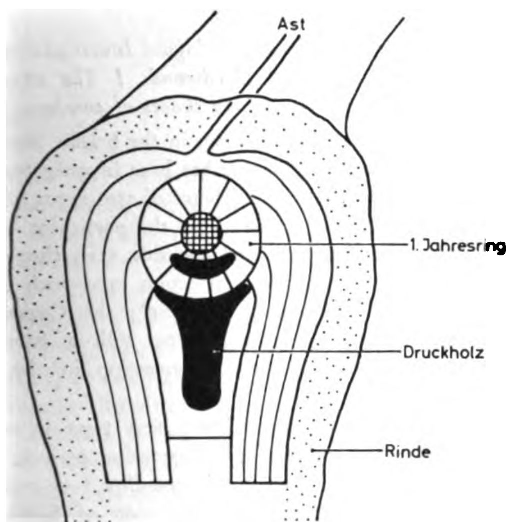



Abb. 14
Pseudotsuga taxifolia (Poir.) Britton. Schema eines Tangentialanschnittes eines 2jährigen Astabganges im Peripheriebereich der Trägerachse. Die Leitbahnen, die zur Unterseite des Astes ziehen (etwa $^1/_3$) sind druckholzbeeinflußt. Nur die rechts und links zur Flanke und Oberseite ziehenden Leitbahnen (zusammen etwa $^2/_3$) sind frei von Druckholzbildungen. Auch in der einjährigen Seitenachse wurde schon Druckholz gebildet.

Der Abzweigungsbereich der Pinaceen und allgemein aller Coniferen ist druckholzbeeinflußt. Das *Druckholz* der Astunterseite zieht über den Astabgangsbereich in die Trägerachse hinein und, sofern es sich um die Hauptachse handelt, an dieser ein Stück stammabwärts. Es ragt etwa zungenförmig in die Hauptachse hinein (Abb. 14); seine Längsausdehnung deckt sich etwa mit der des Astabzweigungsschildes (vergl. Abb. 2 und 3).

Genau wie im Ast selbst, wo die Druckholzkomplexe etwa $^1/_3$ des Astquerschnittes einnehmen (bei Douglasie 35,6 %, Thuja 37,9 %, Abies 39,0 %), sind auch im Abzweigungsbereich etwa $^1/_3$ der in die Seitenachse ziehenden Leitbahnen druckholzbeeinflußt und zwar die Leitbahnen, die auf die Unterseite des Astes ziehen (siehe Abb. 14). Die rechts und links auf die Flanken und zur Oberseite des Astes ziehenden Leitbahnen (etwa $^2/_3$ des Abzweigungsanschnittes) bleiben druckholzfrei. Diese Leitbahnen streben, wie bereits geschildert (vergl. Abb. 10), noch im Peripheriebereich der Trägerachse auf ihre entsprechende Abgangshöhe und schwingen dann in Richtung des Astes ein.

### Diskussion

Die zweifellos interessanteste Erscheinung der Abzweigung der Seitenachsen der *Pinaceen* ist die scheitelwärts gerichtete Verbindung in der Achsel zwischen Träger- und Seitenachse.

Eine solche Verbindung wurde von Strasburger (1891) nicht für möglich gehalten, obwohl er bei gewaltsam voneinander getrennten Verzweigungen vereinzelt median in der oberen Wölbung der Trägerachse einen schmalen, vorspringenden Kamm beobachten konnte. Seine Vermutung, daß es sich um quer durchrissene Elemente des Holzkörpers handelt, konnte durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden. Richtig war auch seine Beobachtung, daß diese Elemente geradlinig auf die Mediane des Astes treffen und in diesen einmünden, ohne in seitlich ausweichende Bahnen überzugehen. Bestätigt werden konnte auch, daß ein solcher Kamm immer schmal bleibt, d. h. nur aus wenigen Zellreihen des Holz- und Bastteiles besteht und auf die Mediane beschränkt ist (mit Ausnahme der Kurztriebe von Larix). Lediglich die Beobachtung von Strasburger, daß dieser Kamm in manchen Jahresringen unterbrochen ist, muß dahingehend korrigiert werden, daß die mediane Verbindung in den Langtrieben nur $1^1/_2$ Jahresringe besteht und dann für immer unterbrochen wird. Die Unterbrechung scheint nach einem bestimmten System angelegt zu werden, denn die in der Achsel über der Seitenachse anzutreffenden Leitbahnen sind fast einheitlich immer hufeisenförmig gekrümmt (vergl. Abb. 13).

Die median aus der Trägerachse in die Seitenachse ziehenden Tracheiden dürften zweifelsohne mit zur besseren Verankerung des Astes in der Trägerachse beitragen; die eigentliche Bedeutung des direkten, scheitelwärts gerichteten Anschlusses dürfte jedoch im physiologisch-funktionellen Bereich liegen.

So werden sehr wahrscheinlich in den Siebbahnen des Anschlusses Teile des Assimilatstromes in die Knospe und Seitenachse einfließen. Dabei werden sicher auch das Wachstum steuernde Wuchsstoffe miteingeschleust. Es wäre möglich, daß z. B. die Knospe im Jahr ihrer Anlage durch Wuchsstoffsteuerung am proleptischen Austrieb gehindert wird.

Ringelungsversuche an Zweigen verschiedener Bäume, insbesondere von Coniferen, von Curtis (1920) und Münch (1930, 1932) ergaben, daß Knospen und Früchte nicht ausschließlich durch das Xylem mit Kohlenhydraten und anderen Nährstoffen versorgt werden können. Münch (1930) vermochte dabei zu überzeugen, daß ausgetriebene Knospen von Coniferen über das Phloem mitversorgt werden. Schwierigkeiten bereitet bei diesen Annahmen die Vorstellung der Fließrichtung in den Siebbahnen (Fischer 1958). Es müßte hierbei entgegen der allgemeinen Fließrichtung der Siebzellen geleitet werden.

Der festgestellte Anschluß der Knospe und der jungen Seitenachse zum apikalen Teil der Trägerachse kann diese Schwierigkeiten ausräumen. In den Siebelementen dieser Brücke braucht keine Umkehr der Fließrichtung zu erfolgen; sie ist ganz normal abwärts gerichtet und braucht nur ein kurzes Stück plagiotrop in die Abzweigung hineinzufließen. Über diese Verbindung, deren relativer Anteil am Querschnitt der jungen Seitenachsenanlage noch recht beträchtlich ist, könnte die Knospe und die junge Seitenachse u. U. ausreichend versorgt werden. Die Baustoffe könnten aus den Reserven des überstehenden Teiles der Trägerachse bezogen bzw. durch einen Quertransport aus dem Holzparenchym in die Siebelemente und dann in die Seitenachse eingeschleust werden.

Unsicher ist, was und in welcher Richtung im Holzteil des Anschlusses geleitet wird. Es könnte sich eigentlich nur um Wasser handeln, welches mit dem Assimilatstrom über den Bastteil in die Seitenachsenanlage gelangt, dem dort die Assimilate entzogen werden, und das dann über die Tracheidenleitbahnen des Anschlusses direkt wieder dem Transpirationsstrom der Trägerachse zugeführt wird. Möglicherweise werden auch noch Anteile des von basalwärts in die Knospe einfließenden Transpirationsstromes über diesen Anschluß scheitelwärts geleitet, denn die Knospe dürfte nur einen minimalen Teil davon transpirieren können.

Durch die Ausbildung der Störzone nach dem Austrieb der Seitenachse in der Achsel der Abzweigung wird die direkte Verbindung offensichtlich unterbrochen. Dadurch würde aber der der Seitenachse bisher zugeflossene Assimilatstrom unterbrochen. Die Störzone würde damit eine funktionelle Unterbrechung darstellen. Der nach dem Austrieb mit Nadeln versehene junge Seitentrieb kann und muß sich durch die Unterbrechung jetzt selbst versorgen. Er wird dadurch zu einem stoffwechselphysiologisch weitgehend selbständigen Organ, das wahrscheinlich nur noch entsprechend den Regeln der übergreifenden Akrotonie von der Trägerachse gesteuert wird.

Die hufeisenförmige Krümmung der Leitbahnen der Störzone in der Achsel geben hinsichtlich einer funktionellen Deutung einige Rätsel auf. Möglicherweise wird im Bastteil der Störzone der einfließende Assimilatstrom der Siebbahnen um- bzw. zurückgeleitet oder tangential verfrachtet und in die den Seitenachsenanschluß

direkt umgehenden Siebbahnen der Trägerachse eingeschleust. Rätselhaft ist, was im verwirbelten Holzteil passiert.

Allgemein problematisch erscheint die Induktion der Ausbildung der Störzone. Ihre Anlage könnte durch unterschiedliche Wuchsstoffgradienten in Träger- und Seitenachse ausgelöst werden: zunächst fließt über die direkte Verbindung Wuchsstoff in die Seitenachsenanlage. Mit der Ausdifferenzierung der Knospe läuft aber auch in ihr die Wuchsstoffproduktion an und übersteigt vermutlich mit dem Austreiben der Seitenachse im folgenden Jahr die bisher einfließende Enzymmenge. Dadurch kippt die Relation zugunsten der Seitenachse um. Die Bildung der Störzone könnte vielleicht dadurch induziert werden. Die Seitenachse könnte hinsichtlich der Wuchsstoffproduktion und der Eigensteuerung nach der Ausbildung der Störzone selbständig werden. Es ist aber anzunehmen, daß die Trägerachse nach wie vor, jetzt vielleicht indirekt, den Wuchsstoffspiegel und die Wachstumsintensität der Seitenachse mitbeeinflußt.

Der für die Pinaceen so charakteristische Anschluß zum apikalen Teil der Trägerachse fehlt den *Cupressaceen*. In der Achsel ihrer Abzweigung findet sich zwischen den auseinanderweichenden Achsen eine Parenchymzone, die sich zwischen die Leitbahnen der Seiten- und Trägerachse schiebt. Diese scheint aufgrund gewisser histologischer und cytochemischer Merkmale ihrer Zellen auch auf einen Stoffaustausch zwischen der Träger- und Seitenachse eingestellt zu sein. Diese Einstellung läßt sich bedingt aus den folgenden Gegebenheiten ableiten: Die Parenchymzellen der Achselzone speichern keine Stärke, d. h. ihr Stoffwechselhaushalt wird durch die fehlende Stärkespeicherung nicht belastet bzw. blockiert. Ihre Zellwände bleiben zumindest in der stoffwechselphysiologisch wichtigen Phase der Anlage der Seitenachse unverholzt und bei Thuja zudem sehr dünn. Sie bestehen möglicherweise wie eine Tüpfelschließhaut nur aus Mittellamelle und Primärwand und wären dann völlig durchlässig. Tüpfelverbindungen waren in diesen Wänden mikroskopisch nicht erkennbar. Die relativ dickeren Zellwände der Parenchymzellen von Chamaecyparis erscheinen im mikroskopischen Bild aufgequollen und sind deshalb möglicherweise gleich durchlässig.

Später tritt, ähnlich wie bei den Pinaceen, ebenfalls eine Störzone auf, die dann höchstwahrscheinlich den unmittelbaren Stoffwechselaustausch zwischen Träger- und Seitenachse unterbindet. Offenbar wird dadurch der Einfluß der Trägerachse, entsprechend dem Prinzip der apikalen Dominanz (Bonner u. Galston 1952), auf die Seitenachse unterbrochen und diese in funktioneller Hinsicht weitgehend eigenständig.

Die Parenchymzone stellt für die Festigkeit der Verzweigung eine schwache Stelle dar. Durch den etwas steileren Abgangswinkel der Seitenachsen und dem breiteren und wuchtigeren Abzweigungsschild der Cupressaceen (vergl. Abb. 3) kann dieses Handicap anscheinend bedingt kompensiert werden.

**Zusammenfassung**

Es wurden die anatomisch-histologischen Verhältnisse im Astabzweigungsbereich von Cupressaceen und Pinaceen untersucht.

Aus diesen Untersuchungen schälten sich zwei Abzweigungstypen heraus, die sich vor allem in der Gestaltung der Achsel zwischen Träger- und Seitenachse unterscheiden: Die Pinaceen besitzen einen „Abzweigungstyp mit einer direkten Leitbahnverbindung in der Achsel". Die Cupressaceen verfügen dagegen über einen „Abzweigungstyp mit einer Parenchymzone, aber ohne spezielle Leitbahnverbindung in der Achsel".

Die direkte Leitbahnverbindung des ersten Typs wird regelmäßig nach $1^1/_2$ Vegetationsperioden, die Parenchymzone des zweiten Typs nach 3 - 4 Jahren von einer sich anschließenden Störzone abgelöst, die offensichtlich den zuvor bestehenden direkten Stoffaustausch zwischen dem apikalen Teil der Trägerachse und der Seitenachse beendet.

**Summary**

Title of the paper: *Anatomical-histological Investigations in the Branch Region of Conifers and Hardwoods. I. The situation in the branch intersection region in long shoots of conifers.*

The anatomical-histological situation in the branch intersection region of Cupressaceae and Pinaceae has been investigated. These investigations have revealed the existence of two types of branch intersections, which are distinguished by the particular shape of the shoulder between the main and the side axis: the Pinaceae are characterized by a "branch intersection type with a direct vessel connection in the branch shoulder"; the Cupressaceae, however, by a "branch intersection type with a parenchyma zone, but without a special vessel connection in the branch shoulder".

The direct vessel connection of the first type is regularly followed by a disturbation after $1^1/_2$ vegetation periods, in case of the parenchyma zone of the second type after 3 - 4 years. This disturbation zone has obviously the function of finishing the originally existing liquid exchange between the apical part of the main and the side axis. (A.)

**Résumé**

Titre de l'article: *Etudes anatomiques et histologiques aux points de ramification des branches chez les feuillus et les conifères. 1ère partie: Cas des rameaux longs des conifères.*

Les études anatomiques et histologiques ont été faites aux points de ramification chez les Cupressacées et les Pinacées.

Ces études ont montré qu'il existait deux types de ramification qui se différencient essentiellement par l'organisation des tissus à l'aiselle des rameaux latéraux sur le rameau principal. Chez les pinacées il existe au point d'insertion une liaison directe entre les faisceaux conducteurs du rameau principal et ceux du rameau latéral; chez les cupressacées au contraire, on a, au même point, une zone de parenchyme mais sans aucune liaison directe entre les faisceaux conducteurs.

Après une période de végétation et demi pour le premier type et au bout de 3 - 4 années pour le deuxième type, intervient régulièrement une modification; à la liaison directe des faisceaux conducteurs ou à la zone de parenchyme se substitue, dans les deux cas, une zone inorganisée; il est clair qu'il est alors mis fin aux échanges directs d'éléments entre la partie apicale du rameau principal et les rameaux latéraux, échanges qui existaient antérieurement. J. M.

**Literatur**

Bonner, J., u. A. W. Galston: Principles of plant physiology. Freeman and Comp.: San Francisco 1952. — Braun, H. J.: Der Anschluß von Laubbaumknospen an das Holz der Tragachse. Ber. dtsch. bot. Ges. 73, (1960), 258 - 264. — Ders.: Die Organisation des Stammes von Bäumen und Sträuchern. Wiss. Verlagsges.: Stuttgart 1963. — Curtis, O. F.: The upward translocation of foods in woody plants. Amer. J. Bot. 7 (1920), 286 - 295. — Fischer, H.: Herbstliche Rückwanderung der Kohlenhydrate. Hdb. d. Pflanzenphysiologie Bd. VI. Springer: Berlin-Göttingen-Heidelberg 1958. — Frey, G.: Aktivität und Lokalisation von saurer Phophatase in den vegetativen Teilen einiger Angiospermen und in einigen Samen. Ber. schweiz. bot. Ges. 64 (1954), 390 - 452. — Höhnel, v. H.: Über den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen. Mitt. forstl. Versuchswesen Österr. Wien 1878, 255 - 268. — Ders.: Weitere Untersuchungen über den Ablösungsvorgang von verholzten Zweigen. Mitt. forstl. Versuchswesen Österr. Wien 1881, 247 - 256. — Höster, H., W. Liese u. P. Böttcher: Untersuchungen zur Morphologie und Histologie der Zweigabwürfe von Populus „Robusta". Forstwiss. Cbl. 87 (1968), 356 - 368. — Kienitz, M.: Über die Aufastung der Waldbäume. Ergänzung Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. 5 (1878), 61. — Münch, E.: Die Stoffbewegungen in der Pflanze. Gustav Fischer Verlag: Jena 1930. — Ders.: Ergänzende Versuche über Stoffbewegungen. Ber. dtsch. bot. Ges. 50 (1932), 407 - 426. — Romeis, B.: Mikroskopische Technik. R. Oldenbourg: München 1948. — Strasburger, E.: Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Gustav Fischer Verlag: Jena 1891.

# John Evelyns Silva

(Mit 1 Abbildung)

Von JOH. PRECHT

Der Satz "*we had better to be without gold than without timber*" aus EVELYNS Silva, erschienen 1664 in London, war dem Verfasser schon früher bekannt. Bei der Lektüre von DURANDS Kulturgeschichte der Menschheit fand sich folgende Stelle aus EVELYNS Fumifugium:

*Der unmäßige Verbrauch von Kohle ... setzt London einem der übelsten Mißstände und Vorwürfe aus, und dies nicht wegen der Feuerung in den Küchen, die kaum bemerkbar wäre, sondern einiger weniger Schornsteine und Rauchabzüge wegen, die den Brauern, Färbern, Leim-, Salz- und Seifensiedern und einigen anderen Gewerben gehören und von denen ein einziges dieser Zuglöcher die Luft offenkundig mehr verpestet als alle Kamine Londons zusammen ... Was diese aus ihren rußigen Mäulern speien ... gibt London eher das Aussehen des Ätna ... oder eines Vorhofs der Hölle als das einer Ansammlung vernünftiger Geschöpfe ... Der betrübte Reisende riecht die Stadt, der er sich nähert, auf viele Meilen, ehe er ihrer ansichtig wird ... Dieser beißende Ruß ... ruft Lungengeschwüre hervor, und das ist ein unheilbares Leiden, daß unzählige dahinsiechen und sich in Schwindsucht verzehren, wie die wöchentlichen Meldungen über die Sterbefälle beweisen.*

Das Fumifugium wurde von EVELYN auf des Königs Geheiß im Jahre 1661 geschrieben und dem Parlament ein entsprechender Bericht vorgelegt. EVELYN wollte die Gewerbebetriebe aus der Stadt entfernt und London mit einem Grüngürtel aus Bäumen und Sträuchern umgeben wissen. Der Vorlage erging es aber so, wie es bei Parlamentsverhandlungen oft geht. Dieser höchst moderne Vorgang weckte das latente Interesse des Verfassers an JOHN EVELYN und seiner Silva.

Wer war er? Er lebte von 1620 bis 1706. Er stammte aus angesehener Familie, die in der Grafschaft Surrey ansässig war und durch Pulverfabrikation zu Wohlstand gekommen war. Er besuchte die Schule in Lewes in Sussex und ließ sich mit 17 Jahren in Oxford einschreiben, wo er u. a. seine Lateinkenntnisse ergänzte, die Klassiker las und auch Griechisch lernte. 1640 ging er in den Londoner Temple, aber er fand das Studium der Rechte nicht nach seinem Geschmack. 1641 finden wir ihn auf einer mehrmonatigen Reise durch Holland und Belgien, wo er in Gelderland kurze Zeit bei den holländischen Truppen volontierte, die gerade die Festung Gennep eingenommen hatten. 1642 brach der Bürgerkrieg aus und EVELYN stieß mit seinem „*Pferd und Waffen und einigem Geld, Sr. Majestät von meinem Bruder gespendet*" zum Heer der „Kavaliere", das von Prinz Ruprecht v. d. Pfalz angeführt, sich gerade auf dem Rückzug vor Cromwells „Eisenseiten" befand. Er verließ das königliche Heer sehr bald und begab sich zurück auf sein Gut. Im Herbst 1643 begab er sich auf eine Auslandsreise, die ihn durch Frankreich und Italien und über die Schweiz zurück nach Frankreich führte. Diese Reise dauerte bis zum Herbst 1647. In Paris verkehrte er mit royalistischen Emigranten, die sich beim dortigen britischen Ambassadeur Browne trafen. Er heiratete Brownes Tochter und kaufte dessen, von der republikanischen Regierung konfisziertes Gut Sayers Court zurück. Er setzte sich für die königliche Partei ein und versah den gefangenen Karl I. bei seiner Rückkehr nach London mit Nachrichten. Ebenso versorgte er seinen Schwiegervater in Paris mit Nachrichten aus London. Die Gunst des mit seinem Gefolge in Brüssel weilenden Thronfolgers Karl II. erwarb er sich aber 1660 durch eine Gegenschrift gegen ein Pamphlet, das diesen und sein Gefolge auf das schwerste angriff und bloßstellte. Als Karl II. im Mai 1660 in London einzog, wurde EVELYN ihm vorgestellt. Er war von nun an persona grata bei Hofe, obgleich er dessen lockere Sitten, — was zum Glück nur auf einen Teil der Höflinge zutraf —, nicht billigte. Er nahm keine Ämter an und zog sich viel lieber auf sein Gut zurück, um „*Bäume zu pflanzen und Bücher zu schreiben*". Kleinere Ämter hat er jedoch bekleidet. So gehörte er einer Planungskommission zur Sanierung der Hauptstadt an und war Mitglied einer Kommission zur Betreuung kranker und kriegsbeschädigter Seeleute. Auch einer Salpeterkommission gehörte er an und war später Mitglied einer solchen zur Bepflanzung königlicher Ländereien. Er gehörte zu den ersten vierzig Mitgliedern der 1662 offiziell gegründeten Royal Society, der Königlichen Akademie der Wissenschaften, und war 1672 - 73 einer der Sekretäre dieser Gesellschaft. Das Präsidentenamt hat er aber mehrmals ausgeschlagen. Es ist nur natürlich, daß er durch diese Institution mit den Geistesgrößen seiner Zeit bekannt und zum Teil auch befreundet war. Es brauchen nur die bekanntesten Namen genannt zu werden: ROBERT BOYLE und ISAAC NEWTON, dann CHRISTOPHER WREN, der vom Naturwissenschaftler zum königlichen Generalarchitekten avancierte. Auch mit dem Dichter DRYDEN war er bekannt. EVELYN hat von 1641 bis kurz vor seinem Tode Tagebuch geführt, das 1818 erstmals teilweise veröffentlicht wurde. Und er hatte viel zu schreiben, denn er hat viel erlebt. Da waren nicht nur seine Reisen, sondern der Bürgerkrieg und die Hinrichtung Karls I., der Einzug Karls II. in London und seine Krönung, die Entfernung Cromwells aus seinem Grabe in der Westminsterabtei und seine posthume Hinrichtung, die Seekriege mit Holland, — 1666 drang eine holländische Flotte in die Themsemündung ein und versenkte englische, allerdings unbemannte Kriegsschiffe —, der große Brand von London im gleichen Jahr, der Konfessionsstreit um den alternden Karl II. und seinen Bruder und Nachfolger Jakob II. EVELYN hatte schon 1664 in den Religionsstreit eingegriffen und eine Schrift der jansenistischen Gebrüder ARNAULD als "*The Mystery of Jesuitism or The new Heresie of the Jesuites*" herausgegeben. Und schließlich erlebte er noch den Einzug des Oranierprinzen Wilhelm III., der als Gemahl der Prinzessin Maria, Tochter Jakobs II., König wurde (1689), womit die Verkündigung der "*Bill of Rights*" verbunden war. Schließlich fiel noch die Inthronisierung der Königin Anna (1702) in seine letzten Lebensjahre.

EVELYN hat über dreißig Schriften herausgegeben. Darunter sind acht Schriften über Gartenbau, Bodenkunde und Forstwirtschaft, solche über Politik, Schiffahrt und Handel, Malerei und Graphik, Architektur, Numismatik usw. Eine Übersetzung des Goldenen Buches des JOHANNES CHRYSOSTOMOS, enthaltend die Erziehung der Kinder, gab er aus Anlaß des Todes eines seiner Söhne heraus. Er trug zu DRYDENS Plutarchausgabe durch die Übersetzung des Lebens Alexanders bei. Daß bei dieser schriftstellerischen Tätigkeit intime Seiten nicht zu kurz kamen, ist aus den Titeln „Einer Dame unverschlossenes Ankleidezimmer und ihre ausgebreitete Toilette nebst einem Rezept für ein Gesichtswasser", geschrieben für seine geliebte, mit zwanzig Jahren verstorbene Tochter, und „Das Leben der Mrs. Godolphin" zu schließen. Mrs. Godolphin war eine junge tugendhafte Hofdame, Herzensfreundin und Schutzbefohlene EVELYNS, die nach ihrer Verheiratung jung am Kindbettfieber starb. Dieses Buch wurde nach seinem Tode veröffentlicht und ist vielleicht sein bestes Werk.

Uns interessiert die Schrift Silva. Die erste Ausgabe trägt den umständlichen Titel: *SILVA / oder eine Abhandlung über Waldbäume / und die Holzzucht in Seiner Majestät Dominien / von J. E. Esq. / Wie sie der Royal Society am 15. Oktober 1662 aus*

SYLVA,

Or A DISCOURSE OF

FOREST-TREES,

AND THE

Propagation of Timber

In His MAJESTIES Dominions.

By J. E. Esq;

As it was Deliver'd in the ROYAL SOCIETY the xv[th] of October, CIↃIↃCLXII. upon Occasion of certain Queries Propounded to that Illustrious Assembly, by the Honorable the Principal Officers, and Commissioners of the Navy.

To which is annexed

POMONA: Or, An Appendix concerning Fruit-Trees in relation to CIDER; The Making and several ways of Ordering it.

Published by express Order of the ROYAL SOCIETY.

ALSO

KALENDARIUM HORTENSE; Or, Gard'ners Almanac; Directing what he is to do Monethly throughout the Year.

——— Tibi res antiquæ laudis & artis
Ingredior, tantos ausus recludere fonteis. Virg.



LONDON, Printed by Jo. Martyn, and Ja. Allestry, Printers to the Royal Society, and are to be sold at their Shop at the Bell in S. Paul's Church-yard, MDCLXIV.

Abb. 1

*Anlaß bestimmter, dieser erlauchten Versammlung durch ehrenwerte hohe Offiziere und Bevollmächtigte der Marine vorgetragene Fragen vorgelegt wurde. / Angeschlossen ist POMONA / ein Anhang über Fruchtbäume in Beziehung zum Cider / die Herstellung und verschiedene Wege zu seiner Behandlung / publiziert auf ausdrückliche Anordnung der Royal Society / desgleichen ein KALENDARIUM HORTENSE oder des Gärtners Almanach / angebend was in den einzelnen Monaten das ganze Jahr hindurch zu tun sei / London gedruckt bei Jo. Martyn und Ja. Allestry, Drucker der Royal Society, feilgeboten in deren Buchhandlung an der Bell in St. Pauls-Church-Yard. MDCLXIV.* Die erste Ausgabe der Silva hatte 114 Seiten. Zu EVELYNS Lebzeiten wurden noch drei, von ihm laufend verbesserte Ausgaben gedruckt. Die vierte Ausgabe aus dem Jahre 1706 war 356 Seiten stark. Das Werk wurde bis 1827 noch zwei mal herausgegeben und 1908 erfolgte ein Nachdruck. Ab 1776 gab Dr. ALEXANDER HUNTER eine mit reichlichen Anmerkungen und botanischen Tafeln versehene zweibändige Ausgabe heraus. Hier waren die Pomona und das Kalendarium Hortense weggelassen, dafür aber die Schrift Terra angeschlossen. Die letzte, fünfte Auflage der HUNTERschen Silva erschien 1825. Sie ist 811 Seiten stark. Dem Verfasser stand diese letzte Ausgabe zur Einsichtnahme zur Verfügung. Das wertvolle Werk konnte leider nur für kurze Zeit im Lesesaal einer Bibliothek benutzt werden. Es wird trotzdem versucht, einen Einblick in den Aufbau und Inhalt dieses amüsanten und interessanten Buches zu geben.

Wir lassen die kurzen Lebensbeschreibungen von EVELYN und HUNTER weg, die dem Werk beigegeben sind, und folgen den einzelnen Kapiteln EVELYNS, wobei wir HUNTERS Anmerkungen bis auf einige Ausnahmen weglassen.

Das Werk beginnt selbstverständlich mit einer Widmung an des Königs geheiligte Majestät Karl den II. Die Widmung schließt mit dem Wunsch, daß Seine Majestät erfreut sein mögen durch Sr. Majestät allzeit loyalen gehorsamen und getreuen Untertan mittels dieses unwerten Titels in tiefer Unterwürfigkeit angerufen worden zu sein. Es folgt ein Vorwort an den Leser mit Hinweisen auf antike Autoritäten von Solon bis Plinius und „Tausende mehr", die sich mit der Materie beschäftigt hätten. In der Einführung weist EVELYN darauf hin, daß nichts so fatal und zur Schwächung der Nation geeignet wäre, wie der Verfall der *"Wooden Walls"*, der Kriegsschiffe. Deshalb sei es ein wertvoller und zeitgemäßer Bericht gewesen, den honorable und hohe Offiziere und Commissionäre der Marine der erlauchten Sozietät vorgelegt hätten. Jedoch nicht nur die Zunahme der Schiffahrt alleine, sondern die Ausbreitung der Glasindustrie, die Eisenhütten usw. und insbesondere die unproportionierte Zunahme des Ackerbaus habe die Wälder mit Stumpf und Stiel *("with root and branch")* ausgerottet ... Ferner wird die Frage behandelt, ob es besser sei, Bäume zur Holzproduktion aus Wildlingen nachzuziehen oder zur Aussaat zu greifen. Die bessere Methode sei die Nachzucht aus Samen, weil bessere Pflanzen erzielt würden und alles Umpflanzen von Wildlingen umständlich sei.

Es folgt Kapitel I, das vom Boden, vom Saatgut, von Luft und Wasser handelt. Unter Hinweis auf die Schrift Terra wird gesagt, daß hier nur der oberste Boden, so weit wie er zur Pflanzung aufgegraben wird, interessiert. Es wird gesagt, daß die Waldbäume gut in allen Böden wüchsen, die imstande seien, Getreide hervorzubringen. Die besten Böden fänden sich aber innerhalb von Kuhweiden. Heideflächen und Ödländereien, die vielen ehrenwerten Persönlichkeiten Sorgen bereiteten, könnten mit geringen Mitteln in Wald verwandelt werden. — Samen solle man von ausgereiften, gesunden, gutwüchsigen Bäumen ernten. Gewöhnlich sei das, was sich im Herbst leicht abschütteln oder abstreifen lasse, oder gleich nach dem Abfall gesammelt oder in den Kronen der stärksten und besten Bäume gepflückt werde, das beste. Da es im Herbst aber zu kalt zum Säen sein könnte, muß der Same für das Frühjahr aufbewahrt und präpariert werden. Man könne ihn einmieten, wofür Anweisungen gegeben werden. Solche Samen wären dann im Frühjahr oft vorgekeimt und man könne sie vorsichtig und von leichter Hand in den Boden setzen. Man könne Samen auch in tiefen Kellern in Körben, leeren Bienenkörben oder anderen Behältern aufbewahren. Bei der Aussaat solle nicht zu fette Erde gewählt werden, weil das schlechte Ergebnisse zeitigen könne. Zu trockene Samen könne man vor der Aussaat in Milch oder leicht mit Kuhdung versetztem Wasser vierundzwanzig Stunden lang weichen. In einem späteren Kapitel wird berichtet, daß ein spanischer Autor empfohlen habe, Nadelholzsamen für fünf Tage in Kinderurin und danach drei Tage in Wasser einzulegen, womit er gute Ergebnisse erzielt habe. — Für das Wachstum seien Luft und Wasser von größter Wichtigkeit. Die Luft solle nicht zu scharf, nicht zu kalt oder zu heiß sein. Sie solle keine Nebel oder giftigen Dünste oder sulfurische Ausdünstungen mit sich führen. Aber solche Winde, wie sie am meisten annehmbar für das menschliche Leben seien, mit ihrer Mischung, sei es ein nitratischer Stoff oder irgend eine andere vegetabilische Materie, die wir weder sehen noch riechen könnten, sind willkommen. Das gleiche gelte vom Wasser; es ist im übrigen Transportmittel superfeinen terrestrischen Materials, welches die vegetabilischen Partikel, die die

Substanz der Pflanzen bildeten, enthält. Es bedarf auch der Mitwirkung des Klimas. Man wisse, daß in den warmen Regionen der Erde die stattlichsten Bäume wüchsen, die sich weit von Exemplaren der gleichen Spezies in kalten Zonen unterschieden. Auch genügend Licht sei notwendig.

Das Kapitel II behandelt die Pflanzschule und die Freipflanzung. „*Qui vincam vel arbutum constituere volet, seminaria prius facere debebit.*" Die Lage der Pflanzschule soll geschützt sein. Südost- und Südlagen sind gut, Nord- und Nordostlagen nicht. Der Boden solle im Winter vor der Saat umgebrochen oder umgegraben werden. Letzteres sei besser zur Unkrautentfernung. Kurz vor der Saat solle nochmals durchgearbeitet werden. Die Saatrillen (für Eiche und andere großfrüchtige Arten) sollen vier bis fünf Zoll tief und zwei Fuß voneinander entfernt angelegt werden. Die Saat solle nicht zu dicht, oder einzeln, wie beim Bohnenlegen, eingebracht werden. Dann sei leicht zuzurechen. Säen solle man bei Neumond oder zunehmendem Mond. Als Merkzahl solle dienen, daß sechs Bushel (Scheffel) Eicheln in Reihenabständen von einem Fuß gesät, für einen Acker (acre, jetzt 0,4 ha) reichen. Es folgen Anweisungen über eventuelles Gießen, über die Verdünnung der aufgelaufenen Saat, wobei die herausgenommenen Pflanzen anderswo gepflanzt werden können, über die Einbringung von halbverrottetem Kompost oder Laub im Juni, Umgraben im nächsten Frühjahr usw. Das ganze solle zwei oder drei Jahre wiederholt werden, dann könnten die Pflanzen ins Freiland verbracht werden. Bei der Auspflanzung sei auf einen Zoll Höhe zu stummeln und im zweiten Jahr auf einen Fuß Höhe zurückzuschneiden, wobei unerwünschte Äste usw. entfernt werden könnten. Betreffend die Pflanzverbände wird auf die Kapitel über die einzelnen Holzarten verwiesen. Wenn aber z. B. Eichen in weitem Verband, — vierzig Fuß werden genannt —, gepflanzt werden sollen, so sind Füllhölzer zu verwenden. Dazu werden Eschen, Kastanien usw. aber auch Obstbäume empfohlen. Die Pflanzverbände sind abhängig von der Baumart und vom Standort. Bäume, die die Feuchtigkeit lieben, können dichter gepflanzt werden, als solche, die trockene Böden vorziehen. Schließlich werden Betrachtungen über die Standfestigkeit junger Bäume angestellt und darüber, ob verpfählt werden solle oder nicht.

Es folgen, beginnend mit Kapitel III Beschreibungen einzelner Holzarten. Die Beschreibungen umfassen die Kapitel bis XXII im ersten Band und setzen sich im zweiten Band noch über fünf Kapitel fort. Beschrieben werden nacheinander die Eiche, die Ulme, die Buche, die Hainbuche (als Ostrys bezeichnet), die Esche, die Edelkastanie, die Walnuß, Crataegus (als Sorbus bezeichnet), Prunus caerasus (wobei wohl eher die wilde P. avium gemeint ist), der Ahorn (Acer minus — der Feldahorn), die Sycomore oder der Wilde Feigenbaum (Acer pseudoplatanus), die Linde, die Pappeln, die Eberesche (als Ornus bezeichnet), die Hasel (Nux sylvestris), die Birke (Birch oder auch Berc, wovon einige den Namen Berkshire ableiten), die Erle, die Weiden, dann in einem Kapitel zusammengefaßt die Eibe, die Stechpalme, der Hartriegel und der Buchsbaum. Dann folgt ein langes Kapitel über die Nadelbäume, das sich im zweiten Bande als Kapitel I fortsetzt. Es folgen der Maulbeerbaum, dann die Platane, Celtis (als Lotus arbor bezeichnet), die Robinie, ein Kapitel über die Steinlinde (Phillyrea), die Korkeiche (als Ilex bezeichnet), Alaternus (womit Rhamnus gemeint ist), Celastrus (Baumwürger?), Liguster, Myrthe, Lentiscus, Olive, Granatapfel, Flieder und Jasmin, ein Kapitel über den Erdbeerbaum, der ja wild in Südirland wächst, den Kirschlorbeer (als Laurus bezeichnet) und Lorbeer (= Bay). Schließlich folgt im VI Kapitel des zweiten Bandes, — die Aufzählung von Arten ist noch nicht abgeschlossen —, das über Zäune, Hecken usw. handelt, noch die Behandlung von Crataegus, Pyracantha (wohl auch Mespilus mit einbegriffen), Paliurus (Echter Christdorn) — hier meint der Herausgeber HUNTER, daß wohl Zysiphus, ein in der Umgebung Jerusalems wachsender Dornstrauch, gemeint sei, womit er wohl das gleiche trifft, was EVELYN gemeint hat. Beides sind Gattungen der Familie der Rhamnaceen. Ferner folgen noch der Stechginster, der Besenginster, der Holunder, der Spindelbaum, Cornus, Schneeball und sogar Jucca und Obstbäume. — Es ist ein lange Liste. Im milden Süden Englands wächst eben vieles, und der Verfasser EVELYN hat ja eine Italienreise gemacht. Der Herausgeber Dr. HUNTER hat mittels umfangreicher Anmerkungen System in diese Fülle gebracht und die LINNEEsche Nomenklatur angewandt.

Die einzelnen Kapitel sind verschieden lang und nicht ganz einheitlich im Aufbau. Interessant ist u. a., daß EVELYN bei vielen Holzarten männliche und weibliche Exemplare zu kennen meint, die sich im Habitus, in den Standortsansprüchen, in der Holzqualität und -Farbe usw. unterscheiden. Am interessantesten ist vielleicht das umfangreiche Kapitel über die Nadelhölzer. Bei der Fichte wird gesagt, daß die eigentliche Fichte "*Fir*" männlich sei und die Tanne "*Silver-Fir*" weiblich. Die männlichen Bäume hätten besseres, aber nicht so weißes Holz, im übrigen sei die Farbe aber kein Qualitätsmerkmal. Die männlichen Bäume vertrügen, im Gegensatz zu den weiblichen, keine Amputation. Die masculine Fichte sei an Schönheit nicht mit der weiblichen Silbertanne zu vergleichen. Gutes Fichtenholz kommt aus Norwegen, — eine Reihe von Ausfuhrhäfen wird genannt. Es eignet sich gut für Fußböden und Wandverkleidungen. Dasjenige aus Preußen sei gut für Schiffsmasten geeignet, besonders gut dafür sei aber dasjenige aus Riga und aus Gottenburg. Aber auch aus Neu-England käme eine vergleichbare Qualität. Dort sei die Hemlock eine Art Fichte. In Schottland wüchsen vorzügliche Fichten, sie seien aber nicht so lang und stark. Eine Art Fichtenholz aus Norwegen und östlichen Ländern werde in Holland "*Greene Boome*" genannt. Es sei besonders leicht und daher gut zum Bau von Kriegsschiffen und hochbordigen Schiffen mit großer Tragfähigkeit geeignet.

Die Kiefer, EVELYN kennt nicht weniger als zehn Arten, ist ebenso zweigeschlechtig. Die männlichen Bäume seien langsamwüchsiger und mit runden Kronen, während die weiblichen höher und schlanker seien. Alle Nadelbäume können gut aus Samen nachgezogen werden, die man gewinnt, wenn man die Zapfen der Sonne aussetzt oder am Feuer oder in warmem Wasser zum Aufspringen bringt ... Der Same ist im März auszusäen. Tiefer als ein halbes Zoll darf nicht gesät werden. Die Beete sind vor Sonne, Vögeln und Mäusen zu schützen. Nach dem Auflaufen ist anzuhäufeln. Nach zwei bis drei Jahren kann ausgepflanzt werden. Hierzu sei der Monat April der beste. Nadelbäume vertrügen keinen Rückschnitt beim Auspflanzen. — Die gewöhnliche Kiefer wächst gut im Bergland und in der Ebene. Die Pinaster, von der es vier Arten gibt, ist ihres schnellen Wuchses und ihrer breiten Krone wegen gut für Wegeinfassungen. Die Fichte wächst am besten, wenn sie dicht gepflanzt wird, duldet aber bald nichts unter sich. Die Kiefer dagegen ist nicht ungastlich und von Plinius stamme die gute Nachricht, daß man sie mit allen Bäumen vergesellschaften könne. Claudius aber sagt: „*Et comitem quercum pinus amica trahit*". — Beide, sowohl Fichte als auch Kiefer, gehen gerne in die hohen Berge hinauf: „*Abies in montibus altis*", aber im Hinblick auf den Schiffbau „*Situs in excelso montium, ceu maria furget*" wie Plinius sagt. — Wir erfahren auch die interessante Tatsache, daß öde Ländereien in Wales, wie dem Autor berichtet worden sei, starke Kiefern beherbergten. Interessant und berichtenswert findet EVELYN auch, daß nach dem Bericht einer glaubwürdigen Person im Elsaß, in einer Gegend, wo es so wenig Wald gäbe, daß die Bevölkerung mit Stroh heize, ein großer Trakt Land umgebrochen, aber infolge Kriegseinwirkung nicht kultiviert worden sei. Dort sei aber von selbst ein ganzer Kiefernwald entstanden, obgleich diese Holzart im Umkreis von achtzig Meilen nicht vertreten sei. Damit sei die Ansicht der Alten, daß der Wind den Samen herbeitransportiere, richtig.

Der Royal Society habe ein Bericht über die Teer- und Pechgewinnung in Neu-England vorgelegen. In der Gegend von Marseille aber werde eine andere Methode angewendet, worüber der Gesellschaft auch berichtet worden sei.

Die Larix habe er in älteren Ausgaben der Silva zu den laubabwerfenden Bäumen gezählt. Das sei aber nicht richtig, und sie gehöre zu den Coniferen. In England werde sie aus Samen, die aus der Steiermark kämen, nachgezogen. Die Zeder wüchse im feuchten Barbados, den heißen Bermudas und im kalten Neu-England, sogar dort wo der Schnee ein halbes Jahr liegen bliebe. Sie wüchse in den Sümpfen Amerikas und auf den Bergen Asiens. Warum sollte sie daher nicht in England gedeihen? Er habe sie aus Samen und Beeren (!) nachgezogen, von welchen die allerbesten der Welt von den Sommerinseln (?) kämen. Jedoch seien seine Pflanzungen, zumeist durch die Nachlässigkeit der Pflanzer zugrunde gegangen, — so wie die Libanonzedern durch die barbarischen umherwandernden Araber. Das Zedernholz, das von Jamaika käme, stamme von einer unechten Zeder; es sei so porös, daß man es nicht für Weinfässer nehmen könne. (Cedrela, eine Gattung aus der Familie der Meliaceen, Zigarrenkistenholz.) Die Carolinazeder habe aber so gutes Holz, daß es sich zu Fässern für die stärksten Spirituosen eigne. Zum Abschluß werden dann noch der Wacholder, der Sadebaum, die Tamariske(!) und Arbor vitae aus Kanada kurz behandelt.

Den Kapiteln über die Bäume folgt eines über die Gebrechen der Bäume. Aufgezählt werden Unkräuter, Wurzelschößlinge und Geilwüchse, Farn, übermäßige Feuchtigkeit, Behinderung des Wachstums durch zu dicke Rinde, Wildverbiß, Moos, Efeu, Krebs mit Stammfäule, Teredo, Cossi und andere Würmer unter der Rinde, Wespen, Ohrwürmer, Schnecken u. a. Dann Maulwürfe, Mäuse und Ratten, Ameisen, Schmetterlinge, Raben (durch Beschädigung der Gipfelpartien), Winde und Fröste mit den dem Verfasser bekannten Abwehrmaßnahmen. Das Kapitel schließt mit einem langen Gebet um Gottes Segen für allerlei menschliche Tätigkeiten, welches der Bischof von Windsor verfaßt hat.

Dann ist ein drittes Buch als „Dendrologia" angeschlossen. Im ersten Kapitel wird der Niederwald behandelt. Evelyn weiß zu berichten, daß viele deutsche Städte Niederwaldwirtschaft betrieben. — Dann folgt ein Kapitel über "*Purgatio or pruning*", also das Reinigen und Beschneiden von Bäumen. Es enthält u. a. auch gewisse Ansätze für Durchforstungsanweisungen. Das nächste Kapitel handelt über das Alter, den Wuchs und das Fällen von Bäumen. Hier werden, wie auch schon in früheren Kapiteln, besonders alte Bäume aufgezählt. Wir erfahren, daß in Schalouse in der Schweiz, in Tilburg bei Buda in Ungarn und in Cleve besonders alte Linden stünden. Neustadt in Württemberg aber hieße seiner alten Linde wegen geradezu Neustadt bey der alten Linden. Der Kurprinz aber habe aus seinen Heidelberger Forsten mitten im Sommer große Linden umpflanzen lassen, die gut angegangen seien, weil die Pflanzgruben tüchtig mit Kuhdung und Wasser versehen worden seien. Am Dom zu Worms aber sei ein uralter Weißdorn zu finden. Natürlich wird das Schwergewicht auf verschiedene alte Eichen in England gelegt und bemerkenswerte Parks und Gehölze werden geschildert. Auch alte Eiben finden Erwähnung. Es folgen Fällungsanweisungen, solche zur Behandlung gefällten Holzes und Angaben über die Eignung und Verwendung der Hölzer zu verschiedenen Zwecken.

Dann folgt ein Kapitel über Holz, dessen Lagerung und Verwendung und über Brennholz. In diesem Kapitel findet sich der zu Anfang zitierte Satz in folgendem Zusammenhang: Da es wahr und zu beweisen sei, daß alle Künste und Handwerke nachlassen und eingehen müßten, wenn eine Nation über keinen Wald und kein Holz verfüge ... so sage er, daß es besser sei, ohne Gold auszukommen, als kein Holz zu haben. Er gibt Ratschläge zur Trocknung und Lagerung von Holz an luftigen Plätzen; er kennt die Wasserlagerung und er berichtet über die Haltbarmachung durch Ankohlen, was die Venediger gerne praktizierten. Er erwähnt die Haltbarkeit von Holzkohle in Bodenablagerungen. Ferner berichtet er, daß die Holländer ihre Wasserbauten mit teerimprägniertem Holz ausführten. Dann nennt er noch die Verwendungsmöglichkeiten verschiedener Holzarten. Für Brennholz werden handelsübliche Maße genannt, und die Meilerei wird behandelt. Er berichtet auch, daß die Royal Society Holzfestigkeitsproben habe durchführen und mehrmals wiederholen lassen. Dazu wurden zwei und einen Fuß lange Vierkantstäbe, die einen Zoll dick waren, bis zur Bruchgrenze belastet. Die Versuche wurden mit Fichte, Eiche und Esche durchgeführt. Ebenso habe man sich mit fossilen Hölzern beschäftigt.

Dann folgt ein Kapitel, das Aphorismen und gewisse Generalregeln zu den vorhergehenden Kapiteln bringt.

Das nächste Kapitel behandelt die forstliche Gesetzgebung und die Regelung des Schutzes und der Nutzung von Wäldern und Forsten. — Die allererste gesetzliche Bestimmung fände sich im Deuteronomium Kap. XX, Vers 19 und 20. Die ersten Gesetze aber seien auf Holz geschrieben worden. In der Antike habe es viele einschlägige gesetzliche Bestimmungen gegeben. In England seien viele vorzügliche gesetzliche Bestimmungen aus der Zeit Eduards IV. (1442 - 1483) erhalten. Deutsche Forstordnungen und forstliche Abhandlungen aus der Hausväterliteratur scheinen ihm aber nicht bekannt zu sein und werden nicht erwähnt. Für Frankreich wird nur ein Beispiel genannt.

Im letzten Kapitel, das sich *„Paraensis und Beschluß, enthaltend einige Anregungen und Vorschläge zur Bepflanzung und Verbesserung Sr. Majestät Forsten und anderer Amoenitäten ..."* nennt, werden Nachrichten über eine frühere umfangreichere Bewaldung Englands zusammengetragen. Es wird auch erwähnt, daß der noble Nürnberger Forst, dem frühere Herrscher viel Sorgfalt gewidmet hätten, — dort sei z. B. das Modell eines Pfluges erhalten, der von ungefähr einhundert Pferden gezogen, zur Bodenkultivierung gedient habe —, jetzt infolge von Kriegen traurig verwüstet sei. So sei es aber nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Gegenden Europas. In Aranjuez aber habe Philipp II. englische Ulmen zu einer 680 x 300 Yards großen Anlage verwendet, und einige Bäume seien jetzt vierzig Fuß hoch. Auch habe er gelesen, daß ein italienischer Edler aus Anlaß der Geburt einer Tochter hunderttausend Eichen, Eschen und andere Bäume habe pflanzen lassen. Das würde auch in Florenz so gehalten, und in den Niederlanden sei der Brauch auch bekannt. Er gibt Ratschläge zur Bepflanzung von Weideflächen mit Eichen, deren Mast für die Schweinezucht, z. B. in Deutschland wichtig sei und verschiedenen Fürsten hohe Einnahmen bringe.

Schließlich ist ein viertes Buch angeschlossen, das einen historischen Überblick über die Heilighaltung und Benutzung von Hainen gibt. Es enthält Zitate und Verse.

Der Herausgeber Dr. Hunter hat die *TERRA / einen philosophischen Discurs über die Erde / berichtend über die Kultivierung und Verbesserung derselben für die Vegetation / und die Vermehrung von Pflanzen / wie er der Royal Society durch J. Evelyn F. R. S. vorgelegt wurde / mit Anmerkungen* .... beigefügt. Diese Schrift hatte Evelyn der Königlichen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1675 vorgelegt. Im Druck erschien sie 1676, 92 Seiten stark. Sie erlebte bis 1729 drei Auflagen als Anhang zur Silva und ist mit der Hunterschen Ausgabe der Silva bis 1826 noch vier mal veröffentlicht worden.

Den Verfasser Evelyn interessiert hauptsächlich die oberste, ungefähr einen Fuß starke Bodenschicht. Darunter befindet sich Sand, Lehm, Kalk etc. Er bespricht diese Substrate im Hinblick auf die sich daraus entwickelnden Böden. Für die Bodengüte ist die Hangneigung wichtig, aber einige Pflanzen lieben wärmere,

andere kühlere Standorte. Das natürliche Pflanzenkleid vermittelt Merkmale der Bodengüte. Solche vermittelt auch der Geruchssinn: Guter Boden hat, besonders nach Regen, einen äußerst angenehmen Geruch. Andere Böden, die keine Mineralien enthalten oder von sonstiger kranker Qualität sind, erzeugen arsenische und sehr schädliche Dünste, wie das in den moorigen und sumpfigen Gründen festzustellen ist. Geschmack, Tastsinn und Farbton werden als andere Merkmale der Bodengüte genannt.

Es folgt eine Aufzählung der verschiedenen Dünger, herunter bis zum Geflügeldung. Es folgen Anweisungen zur Bearbeitung verschiedener Böden und zur Trockenlegung. Manche Böden sind aber unfruchtbar, weil die Wurzeln benachbarter Grundstücke sie aussaugen oder weil sie beschattet sind. Die Böden sind fruchtbar durch ein vegetabilisches Salz, — eine bestimmte fettige Wesensart oder durch irgendeinen Salpeter, trächtig mit einem vitalen Balsam. U. a. werden solche Pflanzen aufgezählt, die den Boden schädigen. Darunter ist auch, ganz nebenbei, das *„Scythische Lamm"* genannt. Hier hat der Herausgeber HUNTER sich nicht enthalten können, das geheimnisvolle Lamm ganzseitig abzubilden und in einer Fußnote zu erklären, daß die Royal Society den Fall aufgrund von Mr. Bells Reise von St. Petersburg nach Ispahan (1715) behandelt habe. Bell habe damals vergeblich bei Astrachan danach gesucht und von aufgeklärten Tartaren erfahren, daß das ganze wohl eine Fabel sei. Es handelt sich dabei um Persianerlämmer, die angeblich aus Samen wüchsen und verendeten, wenn sie das ihnen erreichbare Gras abgeweidet hätten. — Hierüber hatte u. a. auch der kaiserliche Gesandte Frh. von Herberstain berichtet, der 1516 - 18 und 1526 in Rußland reiste.

EVELYN gibt in seiner Terra dann noch Anweisungen zur Kompostbereitung und schildert die Ansprüche verschiedener Gartenpflanzen und ihre Bewässerung.

Die Silva trug wesentlich zur Reputation JOHN EVELYNS zu seinen Lebzeiten bei. Das Buch kam einem Bedürfnis entgegen und war von hohem Nutzen, wie E. S. DE BEER, der Herausgeber von EVELYNS Tagebuch schreibt. Er nennt aber auch die Schwächen: Das Buch war für Grundbesitzer geschrieben. Es enthält viele praktische Ratschläge, ist aber voller klassischer Zitate, historischer Passagen und Anekdoten, die von keinerlei Wert für praktizierende Forstleute sind, und alles ist durchsetzt mit einem zu sehr latinisierten Vokabular.

Wir würden sagen, daß der Aufbau nicht sehr systematisch und der waldbauliche Gehalt nicht sehr groß ist. Hierbei unterstellt der Verfasser aber, daß ihm einiges infolge der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit entgangen sein mag. Das Buch ist aber, gerade wegen seines Gehaltes an Anekdoten und historischen Reminiszenzen, sehr lesenswert und interessant. Und vor allem ist es das erste seiner Art.

Der kurfürstlich-sächsische Kammerrat und Oberberghauptmann HANS CARL VON CARLOWITZ aber lebte vom 25. 12. 1645 bis zum 3. 3. 1714 und seine SYLVICULTURA OECONOMICA erschien 1713 als erstes selbständiges Werk über Forstwirtschaft in deutscher Sprache. Da CARLOWITZ von 1665 bis 1669 eine große Bildungsreise machte, die ihn auch nach England führte, wäre es reizvoll zu prüfen, ob er EVELYNS Silva gekannt hat.

**Summary**

Title of the paper: JOHN EVELYN's Silva.

J. EVELYN's Silva (London, 1664) and his biography are reviewed. Silva is the first original forestry textbook of modern time. It could be argued that C. v. CARLOWITZ (1645 - 1714) knew the book when he published his Sylvicultura Oeconomica.

E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *SILVA de* JOHN EVELYN.

L'auteur fait une analyse de SILVA, ouvrage de JOHN EVELYN (1620 - 1706) paru à Londres en 1664; il donne également des renseignements biographiques sur Evelyn et énumère ses autres oeuvres. La SILVA d'EVELYN est le premier ouvrage de sylviculture des temps modernes; la question se pose de savoir si CARL VON CARLOWITZ (1645 - 1714) avait eu connaissance de l'ouvrage d'Evelyn lorsqu'il a publié sa SYLVICULTURA OECONOMICA.

J. M.

**Literatur**

Silva. By JOHN EVELYN, Esq. F. R. S. with notes by A. HUNTER, M. D. F. E. S. L. & E. London MDCCCXXV. — DE BEER, E. S.: The Diary of John Evelyn — 2 Bde. Oxford, Clarendon Press 1955. — KEYNES, GEOFFREY: John Evelyn, a Study in Bibliophily. Oxford, Clarendon Press 1968. — SCHWAPPACH, A.: Handbuch der Forst- und Jagdgeschichte Deutschlands. Berlin 1886. — DURAND, WILL & ARIEL: Kulturgeschichte der Menschheit. Bd. 24 der Freizeit-Bibliothek-Reihe, Edito-Service S. A., Genf. — HERBERSTEIN, SIGISMUND ZU: Reise zu den Moskowitern 1526. München, Bruckmann 1966.

# Der Kiefern-Überhaltbetrieb nach Baader unter heutigen Verhältnissen

(Mit 2 Abbildungen und 5 Tabellen)

Von DETLEV SCHÖLZKE

Große Teile des Forstamtes Eberstadt sind bei dessen Auflösung dem Forstamt Darmstadt angegliedert worden. Im wesentlichen handelt es sich bei diesen Flächen um die Abteilungen, in denen BAADER seine Untersuchungen über den Kiefern-Überhalt durchgeführt hatte. Da auch heute noch eine recht große Anzahl von Überhältern in diesem Teil des Forstamtes zu finden ist, sollen in der folgenden Untersuchung die BAADERschen Ergebnisse unter heutigen Verhältnissen betrachtet werden. Für die Anregung zu dieser Arbeit danke ich dem Leiter meines Ausbildungsforstamtes, Herrn Oberforstmeister H. D. SCHMITT, sehr herzlich.

BAADER definiert den Überhalt nach DENGLER als „die Belassung von einzelnen Stämmen oder von Gruppen und Horsten beim Abtrieb des Bestandes mit der Absicht, sie in den neu aufwachsenden Bestand einwachsen und wenn möglich bis zu dessen Abtrieb, mindestens aber bis zu einem höheren Alter derselben, stehenzulassen".

So wurde im Forstamt Eberstadt bis zum Jahre 1862 die Kiefer unter Schirm natürlich verjüngt. War nach etwa fünf Jahren die Verjüngung als gelungen anzusehen, wurden die Schirmbäume geerntet. Dabei blieben im Durchschnitt 15 bis 25 Überhälter je Hektar auf der Fläche stehen. Nach 1862 wurden Kahlschlag und Kunstverjüngung eingeführt, das Prinzip des Überhaltes aber beibehalten. Die jüngsten unter Überhalt begründeten Bestände im ehemaligen Forstamt Eberstadt sind heute etwa 30 Jahre alt. Seit dieser Zeit ist der Überhalt im Forstamt Eberstadt nicht mehr angewendet worden.

Der unter Überhältern heranwachsende Grundbestand erleidet einen Produktionsausfall durch die Tellerbildung der Überhälter. Unter „Teller" versteht man eine bestimmte Fläche direkt um den

Überhälter herum, die aufgrund der Wurzelkonkurrenz sowie durch die Beschirmung holzleer oder nur mit absterbendem Material bestockt ist. Die Tellergröße schwankt nach den Erhebungen BAADERS zwischen 1,5 qm in der Altersklasse 1 - 30 Jahre und 60 qm in der Altersklasse 91 - 120 Jahre. Während auf dem Teller der Ausfall des Grundbestandes absolut ist, reicht der Einfluß des Überhälters wesentlich weiter, was sich in einer Wachstumshemmung im Grundbestand bemerkbar macht. BAADER fand folgende Zahlen für die von einem Überhälter beeinflußte Fläche:

| Alter der Überhälter | |
|---|---|
| bis zu 130 Jahren | 200 qm |
| 131 - 160 Jahre | 300 qm |
| über 160 Jahren | 500 qm. |

Soll nun ein Bestand mit Überhältern gegenüber einem Freibestand (ohne Überhälter) nicht im Nachteil sein, müssen die Überhälter durch ihre Erträge den durch sie verursachten Ertragsausfall im Grundbestand zumindest ausgleichen.

Die Zahl der Überhälter pro Hektar reicht bei den von BAADER untersuchten Beständen, unabhängig von der Bonität, von 20 bis 50 Stück. BAADER stellt dagegen eine Abhängigkeit der Zahl der Überhälter von deren Alter fest, auf die bei der Herleitung des Geldertrages der Überhälter näher eingegangen wird.

In seiner Untersuchung vergleicht BAADER Freibestände (ohne Überhälter) mit Beständen mit Überhältern. Dabei ermittelt er die Massenerträge, bezogen auf Vor- und Endnutzung, im Freibestand sowie für den überstandenen Grundbestand und die Überhälter. Um von den Massen zu Wertvorstellungen zu kommen, verwendet BAADER die Homa von 1936 für die Sortierung und legt bei den Preisen den Durchschnitt der Jahre 1935/1936 zugrunde. Diese Tatsache ließ eine Veränderung der Ergebnisse unter heutigen Verhältnissen zumindest als möglich erscheinen.

Bei der Neuberechnung verwendete ich die Preise aus dem Jahre 1967/1968. Diese Preise aus den Jahren wirtschaftlicher Rezession stellen sicher nicht die obere Grenze des Möglichen dar. Die Preise je Sortiment und Festmeter zeigt Tabelle 1.

In der 6. Klasse war in diesen Jahren kein S-Holz angefallen.

Die Sortimentierung mußte sich ebenfalls verändern, da bei BAADER in der Aufstellung des „Prozentualen Sortimentenanfalls in den Durchmesserklassen" ab Stärkeklasse 3 b kein C-Holz

**Tabelle 1**
**Preise der Sortimente**
**im Durchschnitt der Jahre 1967/1968 in DM/fm [1])**

| Güteklasse | S | B | C |
|---|---|---|---|
| Langholzklasse: | | | |
| 1 a | | 46 | 33 |
| 1 b | | 48 | 36 |
| 2 a | | 58 | 43 |
| 2 b | | 69 | 49 |
| 3 a | 131 | 82 | 56 |
| 3 b | 154 | 96 | 60 |
| 4 | 173 | 114 | 67 |
| 5 | 180 | 133 | 82 |
| 6 | | 158 | 88 |
| Faserholz D | 26 | | |
| Gruben-Langholz | 36 | | |

[1]) Der Berechnung wurden die tatsächlichen Durchschnittspreise auf Dpf. genau zu Grunde gelegt.

mehr aufgeführt ist, die Stärkeklasse 5 nur A-Holz enthält und die Stärkeklassen 1 b, 2 a und 2 b keine Untergliederung nach B und C aufweisen. Weiterhin werden im Forstamt Darmstadt keine Kiefern-Schwellen und keine Brennknüppel mehr aufgearbeitet. An die Stelle des Brennscheitholzes ist das Faserholz getreten.

Zur Feststellung des prozentualen Sortimentenanfalls in den Durchmesserklassen wurden nachträglich rund 1.200 fm Kiefernholz ausgewertet, wobei die Mittendurchmesser auf Brusthöhendurchmesser umgerechnet wurden. Als schwierig erwies sich die nachträgliche Ermittlung des Faserholzanteils je Durchmesserklasse. Es wurde daher für jede Durchmesserklasse der durchschnittliche Faserholzanteil des Forstamtes Darmstadt in Höhe von 30 % unterstellt. Diese vielleicht etwas hohe Zahl ergibt sich daraus, daß die 1.200 untersuchten Festmeter in Jahren anfielen, in denen der Markt für Langgrubenholz schlecht war. Zudem war der Schwachholzanfall durch Aufhiebe für Autobahntrassen u. U. etwas größer als normal. Der Gesamtdurchschnittswert des Faserholzes bei BAADER beträgt rund 27 %. Den ausgeglichenen prozentualen Sortimentenanfall in den Durchmesserklassen zeigt Tab. 2.

**Tabelle 2**
**Anfall der Sortimente in % in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser**

| Durchmesser-klasse | 1 a | 1 b | | 2 a | | 2 b | | 3 a | | 3 b | | 4 | | | 5 | | | Grh | Fsh. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | B | C | B | C | B | C | B | C | B | C | S | B | C | S | B | C | | |
| 7 - 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 - 14,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 70 | 30 |
| 15 - 19,9 | 6 | | 61 | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 30 |
| 20 - 24,9 | | 2 | 7 | 15 | 46 | | | | | | | | | | | | | | 30 |
| 25 - 29,9 | | | | 8 | 17 | 16 | 29 | | | | | | | | | | | | 30 |
| 30 - 34,9 | | | | | | 15 | 21 | 15 | 19 | | | | | | | | | | 30 |
| 35 - 39,9 | | | | | | | | 9 | 13 | 26 | 22 | | | | | | | | 30 |
| 40 - 44,9 | | | | | | | | | | 16 | 11 | 5 | 22 | 16 | | | | | 30 |
| 45 - 49,9 | | | | | | | | | | 3 | 3 | 8 | 38 | 18 | | | | | 30 |
| 50 - 54,9 | | | | | | | | | | | | 7 | 36 | 11 | 3 | 8 | 5 | | 30 |
| 55 - 59,9 | | | | | | | | | | | | 4 | 26 | 6 | 7 | 19 | 8 | | 30 |
| 60 - 64,9 | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 45 | 13 | | 30 |

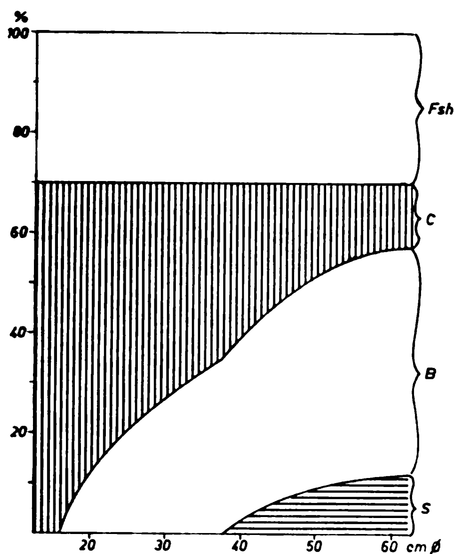



Abb. 1
Anteile der Sorten in Prozent
Die Abbildung soll die prozentualen Anteile der Holzsorten nach den neuen Berechnungen verdeutlichen, wobei das Grubenholz nicht berücksichtigt und das Faserholz summarisch mit 30 % eingesetzt wurde.

Im Anhalt an BAADER wurden dann Qualitätsziffern in DM/fm abgeleitet, indem die Preise der Sortimente mit ihrem Prozentanteil multipliziert wurden. Die Summe dieser Produkte ergab die Qualitätsziffer des Einzelstammes in DM/fm pro Durchmesserklasse. Dabei erhielt ich die folgenden, ausgeglichenen Zahlen (siehe Tabelle 3):

Tabelle 3
**Qualitätsziffern für den Einzelstamm in Abhängigkeit von der Durchmesserklasse in DM/fm**

| Durchmesserklasse | Qualitätsziffern nach BAADER | neu | neu in % von BAADER |
|---|---|---|---|
| 10 - 14,9 | 11,2 | 33,2 | 296 |
| 15 - 19,9 | 11,5 | 33,8 | 294 |
| 20 - 24,9 | 12,1 | 39,7 | 328 |
| 25 - 29,9 | 13,4 | 44,9 | 335 |
| 30 - 34,9 | 15,8 | 51,3 | 325 |
| 35 - 39,9 | 18,9 | 60,6 | 321 |
| 40 - 44,9 | 23,0 | 74,1 | 322 |
| 45 - 49,9 | 29,5 | 81,5 | 276 |
| 50 - 54,9 | 34,0 | 88,3 | 260 |
| 55 - 59,9 | 36,8 | 92,7 | 252 |
| 60 - 64,9 | 38,7 | 96,0 | 248 |

Aus diesen Qualitätsziffern leitet BAADER dann Qualitätsziffern für ganze Bestände ab, indem er den Anteil der einzelnen Durchmesserklassen am Derbholzgehalt ermittelt und diesen mit der zugehörigen Qualitätsziffer multipliziert. Die Produkte werden addiert und anschließend wird die Summe durch die Gesamtfestmeterzahl dividiert, womit man die Qualitätsziffer des Bestandes erhält.

Da für die Ermittlung der Anteile der einzelnen Durchmesserklassen am Derbholzgehalt weder Zeit noch Arbeitskräfte vorhanden waren, leitete ich die Qualitätsziffern des Bestandes im Anhalt an die BAADERschen Zahlen durch Interpolation der Qualitätsziffern des Einzelstammes her (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4
**Qualitätsziffern von Beständen geordnet nach Bonitäten und Alter in DM/fm**

| Bonität | Alter | Überhaltbestand alt | Überhaltbestand neu | Freibestand alt | Freibestand neu |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 30 | 11,25 | 33,30 | 11,37 | 33,54 |
| | 40 | 11,55 | 34,29 | 11,75 | 36,25 |
| | 50 | 12,15 | 39,90 | 12,50 | 41,30 |
| | 60 | 13,05 | 43,50 | 13,45 | 45,03 |
| | 70 | 14,10 | 46,72 | 14,67 | 48,25 |
| | 80 | 15,15 | 49,55 | 15,80 | 51,30 |
| II | 30 | 11,10 | 33,00 | 11,15 | 33,10 |
| | 40 | 11,37 | 33,54 | 11,57 | 34,49 |
| | 50 | 11,77 | 36,45 | 11,97 | 38,41 |
| | 60 | 12,25 | 40,30 | 12,50 | 41,30 |
| | 70 | 13,17 | 43,98 | 13,45 | 45,03 |
| | 80 | 14,10 | 46,72 | 14,40 | 47,52 |
| | 90 | 15,00 | 49,14 | 15,40 | 50,22 |
| | 100 | 16,00 | 51,90 | 16,40 | 53,10 |
| III | 30 | 11,00 | 32,80 | 11,00 | 32,80 |
| | 40 | 11,25 | 33,30 | 11,25 | 33,30 |
| | 50 | 11,45 | 33,70 | 11,55 | 34,29 |
| | 60 | 11,70 | 35,76 | 11,83 | 37,03 |
| | 70 | 12,17 | 39,98 | 12,55 | 41,50 |
| | 80 | 13,45 | 45,03 | 13,68 | 45,63 |
| | 90 | 14,70 | 48,33 | 14,95 | 49,01 |
| | 100 | 15,75 | 51,17 | 16,10 | 52,20 |
| IV | 30 | 10,65 | 32,10 | 10,65 | 32,10 |
| | 40 | 11,00 | 32,80 | 11,00 | 32,80 |
| | 50 | 11,40 | 33,60 | 11,40 | 33,60 |
| | 60 | 11,65 | 35,27 | 11,65 | 35,27 |
| | 70 | 11,95 | 38,21 | 12,00 | 38,71 |
| | 80 | 12,50 | 41,30 | 12,65 | 41,90 |

Sprünge bei den Qualitätsziffern ergeben sich durch die je Durchmesserklasse unterschiedliche Veränderung zu den BAADERschen Zahlen (siehe Tabelle 3).

Die Gelderträge im *Grundbestand* wurden ermittelt aus den Massenangaben von BAADER und den neuen Qualitätsziffern der Durchmesserklassen. Dabei betragen die Summen der *Vorerträge* bei 80jährigem Umtrieb (siehe Übersicht S. 148):

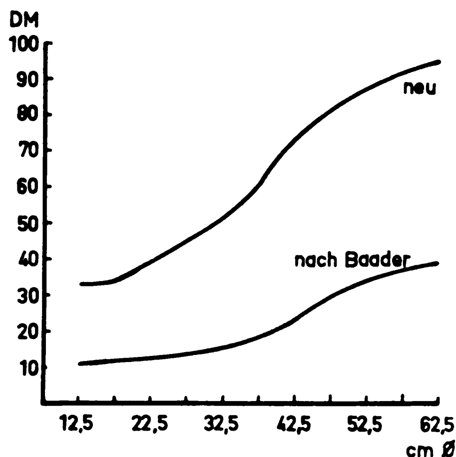



Abb. 2
Qualitätsziffern des Einzelstammes

| | Freibestand | Überhaltbestand |
|---|---|---|
| I. Bonität | 10.488,— | 8.469,— |
| II. Bonität | 6.572,— | 5.503,— |
| III. Bonität | 5.186,— | 3.783,— |
| IV. Bonität | 4.468,— | 3.321,— |
| bei 100jährigem Umtrieb: | | |
| II. Bonität | 8.717,— | 7.235,— |
| III. Bonität | 7.965,— | 5.943,— |

Dazu werden die *Endnutzungserträge* gerechnet, die in folgender Höhe anfallen:

| | | |
|---|---|---|
| bei 80jährigem Umtrieb: | | |
| I. Bonität | 20.264,— | 16.599,— |
| II. Bonität | 14.256,— | 11.914,— |
| III. Bonität | 11.864,— | 9.952,— |
| IV. Bonität | 6.997,— | 5.865,— |
| bei 100jährigem Umtrieb: | | |
| II. Bonität | 18.320,— | 15.207,— |
| III. Bonität | 15.399,— | 12.844,— |

Die *Gesamterträge* betragen danach:

| | | |
|---|---|---|
| bei 80jährigem Umtrieb: | | |
| I. Bonität | 30.752,— | 25.068,— |
| II. Bonität | 20.828,— | 17.417,— |
| III. Bonität | 17.050,— | 13.735,— |
| IV. Bonität | 11.465,— | 9.186,— |
| bei 100jährigem Umtrieb: | | |
| II. Bonität | 27.037,— | 22.442,— |
| III. Bonität | 23.364,— | 18.787,— |

Nachdem Baader auf gleiche Weise die Gelderträge im Freibestand und im überstandenen Grundbestand hergeleitet hatte, überprüfte er die Massen- und Gelderträge der Überhälter anhand von 16 Probestämmen. Dabei wurde von der Gesamtmassenleistung im Alter 160 bzw. 200 die Ausgangsmasse im Alter 80 bzw. 100 abgezogen. Bei der Angabe über die Anzahl der Überhälter pro Hektar geht Baader davon aus, daß bis zum Alter 130 50 Stück vorhanden sind, von 130 - 160 Jahren = 33 und über 160 Jahren nur noch 20 Stück. Für die neuen Berechnungen verwendete ich die Massenangaben von Baader und die neuen Qualitätsziffern. Dabei ergeben die einzelnen Überhälter pro Hektar folgende Erträge:

bei 80jährigem Umtrieb:

| Stamm-Nr. | Geldertrag | Stamm-Nr. | Geldertrag |
|---|---|---|---|
| 1 | 9.171,— | 9 | 2.018,— |
| 2 | 7.462,— | 10 | 1.362,— |
| 3 | 5.476,— | 11 | 2.707,— |
| 4 | 19.248,— | 12 | 3.818,— |
| 5 | 11.156,— | 13 | 907,— |
| 6 | 5.757,— | 14 | 1.093,— |
| 7 | 8.402,— | 15 | 1.251,— |
| 8 | 8.653,— | 16 | 334,— |

bei 100jährigem Umtrieb:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 | 6.615,— | 10 | 1.558,— |
| 7 | 6.425,— | 11 | 2.834,— |
| 8 | 7.925,— | 12 | 4.867,— |

Mit Hilfe dieser Zahlen vergleicht Baader, ob die einzelnen Überhälter mit ihren Erträgen in der Lage sind, den Ertragsausfall im überstandenen Grundbestand zu decken. Dabei trennt Baader nach Bonitäten und Umtriebszeiten. Alle Zahlenangaben beziehen sich auf 1 Hektar.

80jährige Umtriebszeit:

*I. Bonität:* Der überstandene Grundbestand liefert einen Mindererlös von DM 5.684,—. Geordnet nach der Höhe der Erträge erbringt Überhälter Nr. 4 einen Ertrag von DM 19.248,—, somit ein Mehr von DM 13.564,—. Überhälter Nr. 5 ergibt einen Ertrag von DM 11.156,—, somit ein Mehr von DM 5.472,—. Überhälter Nr. 1 erbringt DM 9.171,— und damit ein Mehr von DM 3.487,—. Überhälter Nr. 2 hat einen Ertrag von DM 7.462.— und somit ein Mehr von DM 1.778,—. Allein der Überhälter Nr. 3 erbringt DM 208,— weniger als zur Deckung des Mindererlöses notwendig wären.

*II. Bonität:* Hier beträgt der Mindererlös DM 3.411,—. Über die Deckung dieses Betrages hinaus erbringen die Überhälter Nr. 8, 7 und 6 ein Mehr von DM 5.242,—, DM 4.991,—, DM 2.346,—. Überhälter Nr. 9 erbringt an Ertrag nur DM 2.018,—, womit ihm DM 1.393,— zur Deckung des Mindererlöses fehlen.

*III. Bonität:* Nur der Ertrag des Überhälters Nr. 12 ist um DM 503,— höher als der Mindererlös von DM 3.315,—. Die Überhälter Nr. 11 und 10 bleiben um DM 608,— bzw. um DM 1.953,— unter dem Mindererlös.

*IV. Bonität:* Die Erträge der Überhälter liegen durchweg unter dem Mindererlös des überstandenen Grundbestandes gegenüber dem Freibestand von DM 2.279,—. Überhälter Nr. 15 liegt um DM 1.028,— darunter, Überhälter Nr. 14 um DM 1.186,—, der Überhälter Nr. 13 um DM 1.372,— und der Überhälter Nr. 16 um DM 1.945,—.

100jährige Umtriebszeit:

*II. Bonität:* Alle Überhälter liegen über dem Mindererlös von DM 4.595,— und zwar der Überhälter Nr. 8 um DM 3.330,—, Überhälter Nr. 7 um DM 1.830,— und der Überhälter Nr. 6 um DM 2.020,—.

Tabelle 5

**Gesamtergebnis der Gelderträge**

80jährige Umtriebszeit:

| Boni-tät | Stamm Nr. | $d_{1,3}$ 80j. | $d_{1,3}$ 160j. | Gesamtgeldertrag nach Baader mehr | weniger | neu mehr | weniger |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 4 | 37 | 72 | 6.767 | | 13.564 | |
| | 5 | 45 | 63 | 2.987 | | 5.472 | |
| | 1 | 19 | 53,4 | 1.728 | | 3.487 | |
| | 2 | 28 | 50 | 1.069 | | 1.778 | |
| | 3 | 32 | 46 | 223 | | | 208 |
| II | 7 | 40 | 57 | 2.548 | | 4.991 | |
| | 8 | 24,3 | 52,4 | 2.263 | | 5.242 | |
| | 6 | 33 | 49 | 1.008 | | 2.346 | |
| | 9 | 19,1 | 35 | | 469 | | 1.393 |
| III | 12 | 27,7 | 43,6 | 99 | | 503 | |
| | 11 | 24,6 | 38,8 | | 254 | | 608 |
| | 10 | 18,5 | 30,8 | | 702 | | 1.953 |
| IV | 15 | 23,0 | 34,5 | | 339 | | 1.028 |
| | 14 | 20,2 | 33,1 | | 391 | | 1.186 |
| | 13 | 15,9 | 29,5 | | 463 | | 1.372 |
| | 16 | 14,2 | 20,8 | | 623 | | 1.945 |
| 100jährige Umtriebszeit: | | | | | | | |
| | | $d_{1,3}$ 100j. | $d_{1,3}$ 200j. | | | | |
| II | 7 | 48 | 59,5 | 1.297 | | 1.830 | |
| | 6 | 38 | 57 | 1.220 | | 2.020 | |
| | 8 | 34,5 | 55,4 | 1.802 | | 3.330 | |
| III | 12 | 31 | 50,3 | 394 | | 290 | |
| | 11 | 28,8 | 41,8 | | 519 | | 1.743 |
| | 10 | 22 | 35,3 | | 935 | | 3.019 |

*III. Bonität:* Der Mindererlös beträgt DM 4.577,—, Überhälter Nr. 12 liefert DM 290,— mehr, Überhälter Nr. 11 DM 1.743,— weniger und Überhälter Nr. 10 DM 3.019,— weniger.

In Tabelle 5 ist das Gesamtergebnis noch einmal dargestellt, wobei die Überhälter nach der Endstärke im Alter 160 bzw. 200 geordnet sind.

Der Ertragsausfall, den der Überhaltbetrieb im überstandenen Grundbestand bewirkt, beläuft sich, ermittelt nach neuen Preisen und neuer Sortimentierung, bei 80jähriger Umtriebszeit auf:

in der I. Bonität auf DM 5.684,— = 18 % nach BAADER = 18 %
II. Bonität auf DM 3.411,— = 16 % nach BAADER = 17 %
III. Bonität auf DM 3.315,— = 19 % nach BAADER = 21 %
IV. Bonität auf DM 2.279,— = 20 % nach BAADER = 20 %

bei 100jähriger Umtriebszeit:

in der II. Bonität auf DM 4.595,— = 17 % nach BAADER = 17 %
III. Bonität auf DM 4.577,— = 20 % nach BAADER = 19 %

Da in der ersten Bonität naturgemäß mit größeren Werten zu rechnen ist als in den schlechteren Bonitäten, stuft sich auch der absolute Ertragsausfall entsprechend nach Bonitäten ab. Der prozentuale Ertragsausfall ist jedoch in allen Bonitäten nahezu gleich. Nach den neuen Berechnungen schwankt er zwischen 16 % und 20 %, nach BAADER zwischen 17 % und 21 %.

*Trotz der Veränderungen, die sich seit* BAADER *ergeben haben, sind die Relationen die gleichen geblieben.* Mit einer Ausnahme allerdings. Nach den neuen Berechnungen scheint es so, daß in der ersten Bonität eine Überlegenheit des Überhaltbetriebes mit Sicherheit erst dann angenommen werden kann, wenn die Überhälter über 50 cm Brusthöhendurchmesser im Abschlußalter erreichen.

Für die zweite und dritte Bonität gilt die gleiche Feststellung wie BAADER sie getroffen hat. Hier ist die Wirtschaftlichkeit schon bei einem Enddurchmesser von über 45 cm $d_{1,3}$ als gegeben anzusehen.

In der vierten Bonität ist bei einem Umtrieb von 80/160 Jahren die Wirtschaftlichkeit ausgeschlossen.

Allerdings ist auch bei 100/200jährigem Umtrieb der Wirtschaftserfolg erst ab zweite Bonität als gesichert anzusehen, da es in der vierten und selbst in der dritten Bonität auch dann noch unsicher erscheint, daß die Mehrzahl der Überhälter in einen Durchmesser über 45 cm $d_{1,3}$ hineinwächst.

Hier muß ins Gedächtnis gerufen werden, daß BAADER die Überhälter nach der Bestandesmittelhöhe des freien Vergleichsbestandes bonitierte, da „die Höhen der Überhälter selbst als Maßstab der Bonitierung ungeeignet sind, weil der Freistand, wie ich in einer früheren Arbeit nachgewiesen habe, den Längenwuchs je nach Umständen hemmt oder nahezu aufhebt".

Ziel der Untersuchung war es festzustellen, inwieweit die BAADERschen Betrachtungen auch unter heutigen Verhältnissen aussagefähig sind. Die Wirtschaftlichkeit des Überhaltbetriebes ist abhängig von der Anzahl der Überhälter pro Hektar (nach BAADER als Anhalt: bis 130j. = 50, 130j - 160j. = 33, über 160j = 20 Stück/ha) und ihrer Verteilung auf die Stärkeklassen. *Die von* BAADER *gefundene Rentabilitätsschwelle von 45 cm $d_{1,3}$ der Überhälter besitzt auch heute noch weitgehend ihre Gültigkeit.*

Welche Folgerungen ergeben sich nun daraus für die Praxis? Man wird heute allgemein feststellen, daß die Kiefer in 120jährigem Umtrieb bewirtschaftet wird. Ein Überhaltbetrieb nach dem klassischen Verfahren würde somit für die Überhälter eine Umtriebszeit von 240 Jahren bedingen. Auf den meisten Standorten werden die Überhälter bis zu diesem Alter jedoch nicht gesund bleiben.

Berücksichtigt man ferner, daß auf den Standorten im Westen Darmstadts selbst bei einer Umtriebszeit von 120 Jahren Kiefernbestände mit ihrer Masse noch in den Klassen 2b und 3a liegen, erscheint ein Überhaltbetrieb mit der Umtriebszeit 120/240 nicht sinnvoll.

Vollumbruch und mechanische Kulturbegründungsverfahren sprechen weiterhin gegen den Überhaltbetrieb. *Trotzdem kann diese Form der Bewirtschaftung auch heute noch berechtigt sein und sinnvoll angewendet werden.* Einige Beispiele sollen das belegen.

1. Qualitativ geringwertige Bestände mit einigen guten Stämmen.

Im Alter 80 kann man das geringwertige Material herausziehen und die guten Stämme überhalten. Wird der darunter neu begründete Bestand 120 Jahre alt, ergibt sich für die Überhälter ein Umtrieb von 200 Jahren, ein Alter, das auf entsprechenden Standorten ohne weiteres erreicht werden kann.

2. Bewirtschaftung der Überhälter mit einer Umtriebszeit, die geringer ist als 2 x U.

Setzt man eine Umtriebszeit von 120 Jahren voraus, kann man die Überhälter noch etwa 80 - 100 Jahre in dem neuen Bestand belassen und sie dann herausziehen. Für die Überhälter ergibt sich damit eine Umtriebszeit von 200 - 220 Jahren. Da nur in den seltensten Fällen Ki-Bestände im Alter 100 noch voll bestockt sind, ist ein Auszug der Überhälter auch ohne größere Schwierigkeiten möglich. Das zeigt sich besonders in den Beständen des ehemaligen Forstamts Eberstadt, in denen jetzt 180 - 220jährige Überhälter aus 100 - 140jährigen Grundbeständen herausgezogen werden, um einer Qualitätseinbuße durch Krankheit der Überhälter vorzubeugen.

3. In der Verbindung von Waldbau und Landschaftspflege eröffnen sich für den Überhaltbetrieb durchaus wieder Möglichkeiten.

Ein Bestand von Überhältern wirkt ohne Zweifel abwechslungsreicher als ein gleichförmiger Bestand. Umfragen im Taunus haben ergeben, daß von der Bevölkerung Mischwald bevorzugt wird, wobei unter „Mischwald" Mischungen unterschiedlicher Alter derselben Baumart verstanden werden. In Naherholungsgebieten kann das ein Grund sein, wieder zur Überhälterwirtschaft überzugehen. Dabei könnte man die Differenz der Kosten für Bestandesbegründung und -behandlung gegenüber dem Freibestand als Kosten der Wohlfahrtswirkungen des Waldes ausweisen. Andererseits müßte aber auch die Möglichkeit geprüft werden, in diesen Fällen wieder zu Naturverjüngung überzugehen, wie das MANTEL in seinem Vortrag vor dem Forstverein in Baden-Württemberg angeregt hat.

In allen diesen Fällen (andere sind denkbar, es würde aber den Rahmen dieser Abhandlung sprengen, ausführlicher darauf einzugehen) liefern die BAADERschen Untersuchungen mit ihren Aussagen nach wie vor wertvolle Orientierungs- und Entscheidungshilfen.

**Zusammenfassung**

Die Untersuchung BAADERS „Der Kiefernüberhaltbetrieb" wurde auf der Grundlage neuer Preise und einer den heutigen Verhältnissen angepaßten Sortierung überarbeitet. Das Ergebnis zeigt, daß die von BAADER gefundenen Zahlen auch unter den veränderten Verhältnissen ihre Gültigkeit besitzen. Der Überhaltbetrieb ist gegenüber dem Freibestand erst dann im Vorteil, wenn die Mehrzahl der Überhälter im Abschlußalter einen Brusthöhendurchmesser von über 45 cm aufweist.

Da man heute dem Überhaltbetrieb allgemein skeptisch gegenübersteht, werden drei Möglichkeiten genannt, in denen der Überhaltbetrieb auch heute noch sinnvoll ist und durchaus seine Berechtigung hat:

1. In qualitativ geringwertigen Beständen, die einige gute Stämme enthalten.

2. Die Bewirtschaftung der Überhälter mit einer Umtriebszeit, die geringer ist als 2 x U.
3. Die Möglichkeiten des Überhaltbetriebes in der Verbindung von Waldbau und Landschaftspflege.

**Summary**

Title of the paper: BAADER's *pine standards system under present conditions.*

BAADER's analysis of the standards system in pine was reassessed with present prices and sortiments. BAADER's conclusions are still valid that the system is superior to the uniform system only if the standards reach at least 45 cm dbh. It would still be useful in cases where

1. poor-quality stand contain a few good stems;
2. the rotation for the standards is less than twice the normal rotation;
3. landscaping is an objective. E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Le traitement avec surréserves du pin sylvestre suivant* BAADER *dans les conditions actuelles.*

Les travaux de BAADER sur le traitement avec surréserves du pin sylvestre ont été repris en tenant compte de l'évolution des prix et des assortiments de produits liée aux conditions actuelles. Les résultats obtenus montrent que les chiffres trouvés par BAADER gardent toute leur valeur bien que les conditions soient maintenant toutes autres. Le traitement avec surréserve présente un avantage par rapport au traitement classique surtout quand la majeure partie des surréserves ont, au moment de leur exploitation, un diamètre à hauteur d'homme supérieur à 45 cm.

Bien qu'aujourd'hui l'on soit généralement sceptique vis à vis du traitement avec surréserves, on peut retenir trois cas où ce type de sylviculture est encore actuellement valable et justifié:

1. dans les peuplements de faible valeur sur le plan de la qualité mais qui comprennent cependant quelques sujets bien conformés.
2. lorsque les surréserves sont traitées à une révolution inférieure à 2 fois celle du peuplement principal.
3. pour résoudre certains problèmes de sylviculture et d'aménagement de l'environnement. J. M.

**Literatur**

BAADER: Der Kiefernüberhaltbetrieb. Frankfurt 1941. — ASSMANN: Waldertragskunde. München 1961. — VOEGELI: Zur Frage der Föhren-Verjüngung. AFZ 1954 Nr. 33/34 und 35. — WIEDEMANN: Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. Frankfurt 1951.

# Buchbesprechungen und Notizen

**Die Erholungsfunktion des Waldes in der Raumordnung.** Von Dr. FRANZ BICHLMAIER. Schriftenreihe „Forstwissenschaftliche Forschungen", Heft 30/1969. Verlag Parey, Hamburg und Berlin. 80 Seiten mit 13 Abb. und 24 Tab. Kartoniert DM 6,80.

Am Institut für Forstpolitik und forstliche Betriebswirtschaftslehre der Bayerischen Forstlichen Forschungsanstalt untersuchte der Verfasser die Erholungsgewohnheiten der Münchener Bevölkerung, um Aussagen über die regionale Bedeutung des Waldes für die Raumordnung zu bekommen. Durch postalische Befragungen im Stadtbereich — von 9.000 im Sommer 1967 versandten Fragebogen wurde etwa $^1/_3$ ausgefüllt — und einige Hundert ergänzende Interviews sollten in einem Umkreis von 50 km, der in 62 Einheiten unterteilt war, neben den Ausflugswünschen vor allem die jeweiligen Waldbesucherzahlen erfaßt werden.

Nach allgemeinen Bemerkungen über Wald und Raumordnung analysiert der Verfasser Vor- und Nachteile von Quellgebietsbefragungen und prüft die Repräsentanz seiner Methode. Unter den zahlreichen interessanten Ergebnissen fällt besonders auf, daß $^2/_3$ aller Erholungssuchenden ihre Ausflüge auf den Wald abstellen und dabei größere Waldgebiete mit Lichtungen und anderen „inneren Randeffekten" gegenüber einem stärkeren Wechsel von Wald und Feld und einem Aufenthalt am Wald-Feld-Rand deutlich bevorzugen. (Als besondere Vorteile der Walderholung werden in erster Linie Ruhe und gesunde Luft genannt. Erstaunlich übereinstimmend mit andererorts durchgeführten Erhebungen ist die Bevorzugung des reinen Nadelwaldes (22 %) vor dem Laubwald (3 %) — Mischwald liegt freilich auch hier an der Spitze der Gunst.) Die ermittelten Mindestbesucherzahlen liegen in den 22 besonders frequentierten Gebieten zwischen 20 und fast 1.000 Besuchen je Jahr und ha Waldfläche. (Die Durchschnittsentfernung beträgt bei den Ausflügen vom Stadtrand aus gut 10 km, hinzu kommt fast dieselbe Strecke innerhalb des Stadtgebiets.) Aus dem mittleren Aufwand zur Erlangung des Ziels (2 DM/Person) gelangt der Verfasser schließlich zu einer Bewertung des Mindesterholungsnutzens der Wälder. Dieser liegt in den bevorzugten Gebieten zwischen 40 DM und 2.000 DM/Jahr/ha und beträgt somit das 0,6 - 30fache (im Mittel 4fache) des derzeitigen Reinertrags aus der Holznutzung; freilich liegen dabei die stadtnächsten Gebiete, zumal die zwischen 50 und 80 % bewaldeten, an der Spitze.

Ein umfangreiches Literaturverzeichnis beschließt die sehr empfehlenswerte Arbeit, die dadurch übrigens an Reiz gewinnt, daß gleichzeitig und unabhängig in demselben Gebiet der Münchener Wirtschaftsgeograph RUPPERT Untersuchungen über den Wochenendverkehr durchgeführt hat. Der große Wert dieser Arbeiten soll durch den Hinweis nicht herabgesetzt werden, daß freilich die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf andere Gebiete mit verschiedener Siedlungsstruktur, Topographie, Landnutzung und Ausstattung übertragen werden können, weshalb noch zahlreiche Untersuchungen ähnlicher Zielsetzung notwendig sind.

R. ZUNDEL

**Landschaftsschutzrecht im westlichen Europa.** Die rechtlichen Möglichkeiten der Unterschutzstellung von Landschaftsteilen und ihre Auswirkungen in Staaten des westlichen Europa. Von MICHAEL BLUM. Mit einer Einleitung von Professor Dr. KURT MANTEL über *Systematische Formen des Landschaftsschutzes.* Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwig-Universität Freiburg, Band 10. BLV-Verlagsgesellschaft, München. 168 Seiten. Kartoniert DM 34,—.

In einer Zeit zunehmender politischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Verflechtung des westlichen Europa, in einer Zeit, in der Schutz und Pflege des menschlichen Lebensraums zu einem politischen Problem erster Ordnung in allen Industriestaaten wird, muß auch die Kenntnis des Landschaftsschutzrechts weiter greifen als nur auf das eigene Land. Die vorliegende Arbeit unternimmt es, die verschiedenen Formen der Unterschutzstellung von Landschaftsteilen (Naturdenkmälern, Naturschutzgebieten, Landschaftsschutzgebieten, Naturparken, Nationalparken, Wasserschutzgebieten, Schutzwaldungen, Wildschutzgebieten, Baufreihaltezonen usw.) in der Bundesrepublik, Österreich, Schweiz, Luxemburg, Niederlande, Belgien, Frankreich, Großbritannien, Irland, Italien, Spanien, Portugal, Island, Norwegen und Schweden systematisch und rechtsvergleichend zu untersuchen, und gibt damit einen ausgezeichneten Überblick über die rechtlichen Möglichkeiten der einzelnen Länder. Sie zeigt weiter, wie verschieden die Begriffe und rechtlichen Regelungen sind, und läßt erkennen, wie schwierig eine Rechtsangleichung auf diesem Gebiet ist. HASEL

**Denkschrift zur Situation der Landschaft im südlichen Oberrheingebiet — Landschaftsrahmenplan.** Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 1970. Zu beziehen durch Fa. Malsch u. Vogel, 75 Karlsruhe, Stuttgarter Straße 57 c. 128 Seiten mit 50 teils ganzseitigen Abbildungen, 11 Tabellen und 15 Karten. DIN A 4, gebunden DM 44,—

In der Öffentlichkeit setzt sich mehr und mehr die Einsicht durch, daß die Landschaft durch die Auswirkungen des Bevölkerungswachstums und der Industrialisierung in ständig steigendem Maße verbraucht wird. Obwohl die Grenze der Belastbarkeit der einzelnen Landschaftsfaktoren noch nicht festliegt und hierzu noch eine Reihe von Untersuchungen notwendig sind, ist doch in den letzten Jahren deutlich geworden, daß die natürlichen Lebensgrundlagen nur begrenzt beanspruchbar sind. Die technoökonomischen Eingriffe in den Naturhaushalt führen meist zu einer Minderung seiner Leistungsfähigkeit.

Es bedeutet daher einen begrüßenswerten Fortschritt, daß die oberste Raumordnungsbehörde in Baden-Württemberg die Erstellung eines Landschaftsrahmenplanes als ökologische Ergänzung zum Gebietsentwicklungsplan für das südliche Oberrheingebiet angeregt hat, um die primär gesellschaftlich-wirtschaftlich-orientierten Zielsetzungen des Raumordnungsplanes auf ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt zu überprüfen und die Grenzen und Möglichkeiten der Landschaft am Oberrhein sichtbar zu machen.

Die Landesforstverwaltung Baden-Württemberg hat unter Mitarbeit zahlreicher Fachbehörden des Landes diesen Landschaftsrahmenplan ausgearbeitet, dessen Ergebnisse in Form der vorliegenden Denkschrift veröffentlicht werden.

In dieser Denkschrift werden vor allem die natürlichen Standortvoraussetzungen eingehend untersucht und diejenigen Maßnahmen aufgezeigt, die erforderlich sind, um die Lebensgrundlagen trotz der wünschenswerten wirtschaftlichen Entwicklung in diesem Raum gesund zu erhalten.

Durch die Trennung in einen allgemeinen und einen speziellen Teil, in dem die Besonderheiten der einzelnen Teilräume behandelt sind, wird das Werk sowohl den Gemeinden und Körperschaften, als auch Wirtschaftsunternehmen sowie allen an der Landschaft interessierten Kreisen wertvolle Anregungen und Hinweise geben.

Ulrich Ammer

**Wissenswertes für den Baumschuler.** Herausgegeben von Carl-Heinz Maass anläßlich des 150jährigen Bestehens der Firma Hermann Meyer, Rellingen. Verlag Ursula und Carl-Heinz Maass, Pinneberg, 311 S., 123 Abb., 35 Graphiken und Tabellen, Ganzleinen DM 20,—.

In zehn Beiträgen wird über die Geschichte der deutschen Baumschulen berichtet und eine Übersicht über den heutigen Stand der Arbeit des Baumschulgärtners und seiner Betriebsmittel gegeben. Schwerpunkt sind dabei die Bereiche, die in der Baumschule besonders starken Veränderungen unterworfen sind, also Maschinen, Kunststoffe, Pflanzenschutz und chemische Bodenentseuchung. Daneben steht die Behandlung aktueller Einzelfragen, wie die gültigen Namen der wichtigsten Baumschulpflanzen und ihre Synonyme, die Güte- und Kennzeichnungsbestimmungen für Baumschulpflanzen und Möglichkeiten und Ziele der Arbeitsvorbereitung in der Baumschule.

Das Buch ist für die Praxis, Beratung und Lehre eine wertvolle Quelle, da es viele interessierende Fragen über den Baumschulberuf nach dem neuesten Stand der Erkenntnisse und der Statistik beantwortet. Die sehr gute Ausstattung des Bandes zeigt, daß es dem Auftraggeber, der Jubiläumsfirma, auch auf einen angemessenen Rahmen für die fachlichen Darstellungen ankam.

H. Schmidt-Vogt

**Das Ende der Illusionen.** Von Hermann Bohle. Europäische Schriften des Bildungswerks Europäische Politik, Band 23. Europa Union Verlag GmbH., Köln. 128 Seiten. Karton. DM 7,50.

Die Agrarstruktur ist nicht nur für die Wirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe sondern auch für die mit ihnen verbundenen Forstbetriebe von entscheidender Bedeutung. Der Mansholt-Plan, der sich bemüht, eine europäische Neuordnung der Agrarstruktur in die Wege zu leiten, hat daher auch für die Forstwirtschaft großes Interesse. Bisher ist von Seiten des Bauernverbandes und anderer Institutionen an dem Mansholt-Plan im wesentlichen Kritik geübt worden. Es erscheint daher dringend nötig, sich nicht nur mit den negativen sondern auch einmal mit den positiven Seiten dieses Planes zu beschäftigen. Der Verfasser hat es sich zur Aufgabe gestellt, Vorteile und Nachteile der angestrebten Neuordnung aufzuzeigen. Nur bei solch nüchterner Beurteilung der Verhältnisse und bei einer auf sachlicher Analyse aufbauenden Politik werden wir in der Lage sein die Zukunft zu meistern.

Sehr erfreulich ist eine auf das Nötigste geraffte Statistik, die den Band abschließt und einen kurzen, aber die Teilfragen gut erläuternden Kommentar enthält.

Das Büchlein ist nicht nur für einen an Land- und Volkswirtschaft interessierten Leserkreis bestimmt, sondern sollte auch von Forstleuten gelesen werden, die sich mit Bauernwaldfragen zu beschäftigen haben.

G. Mitscherlich

---

## HOCHSCHULNACHRICHTEN

Hann. Münden. — Am 26. 5. 1970 wurde Professor Dr. S. Häberle nach der Übergangssatzung der Universität Göttingen vom paritätisch besetzten Fakultätsrat zum Dekan gewählt. Professor Häberle ist Direktor des Instituts für Waldarbeit und Forstmaschinenkunde an der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen in Hann. Münden.

In einer Feierstunde wurde am 16. Juni 1970 Herr Professor Dr. F. E. Dickinson wegen seiner Verdienste um die Forst- und Holzwissenschaft und seiner Bemühungen um die Vertiefung der fachlichen und menschlichen Beziehungen zwischen seiner Fakultät in Berkeley (Kalifornien) und der Forstlichen Fakultät zu Hann. Münden mit der Heinrich-Christian-Burckhardt-Medaille geehrt.

Professor Dr. Fred E. Dickinson ist Professor of Forestry an der Forstlichen Fakultät der California State University in Berkeley und zugleich Leiter des Forest Products Laboratory im nahegelegenen Richmond. Professor Dickinson hat sich auf dem Gebiet der Holzforschung besonders hervorgetan; mit anderen Autoren zusammen veröffentlichte er ein Buch über die Holzeigenschaften tropischer Baumarten sowie über die systematische Untersuchung und Beschreibung kalifornischer Laubholzarten. Dickinson hat sich um die Errichtung und Förderung eines holztechnologischen Studiums in den USA besonders verdient gemacht. Die California State University hat als erste nordamerikanische Universität einen allein auf die Holztechnik abgestellten Studiengang entwickelt und aufgebaut, der inzwischen vielfältige Nachahmung erfahren hat.

München. — Professor Dr. W. Kroth, Institut für Forstpolitik und forstliche Betriebswirtschaftslehre der Forstlichen Forschungsanstalt München, wurde auf Vorschlag des Bundesrates vom Bundesminister der Finanzen im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in die forstwissenschaftliche Abteilung des Bewertungsbeirates berufen.

Reinbek. — Der Leitende Direktor und Professor Dr. D. Noack, Direktor des Instituts für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Reinbek hat einen Ruf auf die ordentliche Lehrkanzel für Technologie des Holzes an der Hochschule für Bodenkultur in Wien erhalten.

## Professor Kurt Mantel zum 65. Geburtstag

Wie erst nachträglich bekannt wurde, hat Professor Dr. oec. publ., Dr. jur., Dr. rer. nat. techn. h. c. KURT MANTEL, Ordinarius für Forstpolitik, Holzmarktlehre und Forstgeschichte an der Universität Freiburg, am 12. Juni 1970 das 65. Lebensjahr vollendet. Diese Zeitschrift hat sein Wirken bereits anläßlich seines 60. Geburtstags eingehend gewürdigt (AFJZ 1965/147). Darauf sei verwiesen. Seine Tätigkeit in den letzten Jahren war vor allem bestimmt durch seine 1965 erfolgte Wahl zum Präsidenten des Deutschen Forstwirtschaftsrates, dem er durch seine Tätigkeit als Vorsitzender des Rechts- und Forstpolitischen Ausschusses schon seit seiner Gründung verbunden war. Er hat sich dieser neuen Aufgabe mit der ihm eigenen unermüdlichen und unbeirrbaren Energie zugewandt und ihr uneigennützig seine ganze Kraft ge-



widmet. In diese Zeit fielen weittragende forstpolitische Vorgänge, nicht nur Wirtschaftsrezession und Auswirkungen der Sturmkatastrophe, sondern auch der Wandel der forstpolitischen Funktionen überhaupt, die nach einem neuen Konzept verlangten. Ergebnis dieser Bemühungen war u. a. das Forstpolitische Programm des Jahres 1966. Gerade in diesen Jahren hatten der Deutsche Forstwirtschaftsrat und die deutsche Forstwirtschaft überhaupt Professor MANTEL viel zu danken. Seine weit vorausschauende und umfassende Betrachtung von Vorgängen und Entwicklungen, sein außergewöhnliches Verhandlungsgeschick und seine beneidenswerte Fähigkeit, Gegensätze auszugleichen, haben für die notleidende Forstwirtschaft viel erreicht. Wer den Bericht des Präsidenten anläßlich der diesjährigen Münchener Tagung des Deutschen Forstwirtschaftsrats lesen konnte, erhielt einen imponierenden Einblick in die weitgespannte und vielseitige Tätigkeit, die Professor MANTEL im Rahmen des Forstwirtschaftsrats ausübte. Dazu kommen noch zahlreiche andere Aufgaben in Organisationen und Verbänden. Seine koordinierende Tätigkeit bei der Erarbeitung der neuen Rahmenprüfungsordnung für das Studium der Forstwissenschaft verdient besonders erwähnt zu werden. Sein Wirken hat jetzt auch durch Verleihung des Großen Verdienstkreuzes des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland seine verdiente Würdigung erfahren.

K. HASEL

## Dr. Gerhard Schlenker 60 Jahre

Am 20. Juni 1970 beging Regierungsdirektor Dr. GERHARD SCHLENKER, Leiter der Abteilung Botanik und Standortskunde der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt seinen 60. Geburtstag.

Als Sohn eines Pfarrers in Neckargröningen bei Ludwigsburg geboren, studierte er Naturwissenschaften in Frankfurt und Tübingen, wo er 1935 am Botanischen Institut promovierte. Nach zweijähriger Assistentenzeit am Botanischen Institut in Tübingen kam SCHLENKER 1937 an die Botanische Abteilung des Museums für Naturkunde in Stuttgart, wo er sich vor allem der Vegetationskunde und pflanzensoziologischen Kartierung widmete. Am 1. April 1939 übernahm er die durch den Tod Fräulein VON GAISBERGS verwaiste Botanikerstelle bei der Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt in Stuttgart. Bald darauf wurde er zur Wehrmacht einberufen und kehrte erst Ende 1946 aus russischer Kriegsgefangenschaft zurück.

Bei der Vereinigung der badischen und württembergischen Forstlichen Versuchsanstalten im Jahre 1958 übernahm er die Leitung der Abteilung Botanik und Standortskunde. In dieser Stellung wurde er am 1. Mai 1966 zum Regierungsdirektor befördert.

Aufbauend auf den schon vor dem Kriege begonnenen standortskundlichen Arbeiten der Württ. Forstlichen Versuchsanstalt hat SCHLENKER mit seinem großen fachlichen Wissen und Können und vertieft durch langjährige Erfahrung der Standortskunde und Standortskartierung in Südwestdeutschland neue und fruchtbare Impulse gegeben. Frei von Schablonen und Rezepten versteht er es, dank einer hervorragenden Beobachtungsgabe und feinem Unterscheidungsvermögen rasch die jeweilige Problematik zu erkennen und geschickt die standörtlichen und waldbaulichen Möglichkeiten aufzuzeigen. In enger Zusammenarbeit mit Prof. G. A. KRAUSS und Dr. F. VON HORNSTEIN wurde von ihm ein standortskundliches Kartierungsverfahren entwickelt, das auf einer Kombination von Standortskunde im engeren Sinne, Vegetationskunde, Pollenanalyse und Waldgeschichte aufbaut. Dadurch wurde die Standortserkundung zur unentbehrlichen Grundlage der forstlichen Produktionsplanung und gleichzeitig auch ein wesentliches Hilfsmittel für die waldbauliche Schwerpunktbildung. Zu seinen besonderen Leistungen gehört, daß er es dabei verstanden hat, durch Anregung und Organisation zahlreicher Arbeitsgemeinschaften der standortskundlichen Forschung ein vielseitiges und breites Fundament zu schaffen. Auf seine Initiative erfolgte 1951 die Gründung des „Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung“. Unter seiner Leitung entstanden zahlreiche Arbeiten in den verschiedenen standortskundlichen Teilbereichen.

Große Verdienste hat SCHLENKER sich auch auf dem Gebiet der Pappelforschung erworben. Eigene Züchtungen und bahnbrechende Anbauversuche mit neuen Sorten, insbesondere der Balsampappeln, sind weit über Baden-Württemberg hinaus bekannt geworden.

Wir aber schätzen in SCHLENKER nicht nur den ausgezeichneten Wissenschaftler und zielbewußten, erfahrenen Abteilungsleiter, sondern ebenso den gütigen, stets hilfsbereiten und bescheidenen Menschen, der sich bei Kollegen, Mitarbeitern und Forstbeamten aller Grade gleichermaßen hoher Wertschätzung und Achtung erfreut. So entbieten wir dem Jubilar zu seinem Geburtstag unsere besten Grüße, verbunden mit dem aufrichtigen Wunsch, daß ihm noch viele Jahre erfolgreichen Wirkens bei guter Gesundheit beschieden sein mögen!

M. SCHEIFELE

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG






INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



141. JAHRGANG 1970 HEFT 8/9 AUG.-SEPT.

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.





**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 8/9 des 141. Jahrganges sind:**

Forstmeister Dr. MANFRED FÖRSTER, 3257 Springe, Forstamt Saupark

Forstrat Dr. P. GÜRTH, 78 Freiburg i. Br., Egonstraße 93

Diplom-Forstwirt DIETRICH KLIMETZEK, Forstzoologisches Institut der Universität, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Dr. GERHARD KNELL, 8764 Kleinheubach, Rüdenauerstraße 9

Regierungsvermessungsdirektor Dr.-Ing. FERDINAND VOSS, Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Außenstelle, 44 Münster, Postfach

Professor Dr. Dr. G. WELLENSTEIN, Forstzoologisches Institut der Universität, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**
Professor Dr. H. SCHMIDT-VOGT, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17




**Bezugsquellen-Verzeichnis**

**Wildschadenverhütungsmittel**



**Beilagenhinweis.** Diesem Heft liegt als redaktionelle Beilage zum Beitrag von F. Voß „Zur Herstellung von Forstbetriebskarten" ein Kartenblatt bei.

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*
*Summaries* von Dr. E. F. BRÜNIG, 2057 Reinbek, Schloß.
*Résumés* von J. MAHEUT, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

14,0 | 14,2 | 14,4 | 14,6 | 14,8 | 15,0

## Zeichenerklärung:

**Holzarten**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eiche | | Pappel | |
| Roteiche | | Kiefer, Lärche | |
| Buche | | Fichte | |
| Esche, Ahorn | α | Nichtholzboden | |
| Birke, Erle | N | Niederwald | |

**Altersklassen**

| Alter | Signatur | Alter | Signatur |
|---|---|---|---|
| 0 – 10 | 1 | 81 – 90 | 9 |
| 11 – 20 | 2 | 91 – 100 | 10 |
| 21 – 30 | 3 | 101 – 110 | 11 |
| 31 – 40 | 4 | 111 – 120 | 12 |
| 41 – 50 | 5 | 121 – 130 | 13 |
| 51 – 60 | 6 | 131 – 140 | 14 |
| 61 – 70 | 7 | üb. 140 | 15 |
| 71 – 80 | 8 | | |

24 25 26 27 28 23 22 21 20 16 17 15

Langes Holz

Auszug aus de[...]
Flächenverzeichn[...]

| Abtl. Unter-abtl. | Fläche ha | Holz-art |
|---|---|---|
| 7 a | 2.8 | Bu |
| $b_1$ | 2.3 | Fi |
| $b_2$ | 1.8 | Fi |
| $b_3$ | 0.4 | Bu |
| $c_1$ | 5.6 | Fi |
| $c_2$ | 0.5 | WKi |
| $c_3$ | 1.4 | Fi |
| d | 0.8 | JLä |
| Weg W | 0.5 | |
| Weg NO | 0.3 | |
| Weg N-S | 0.4 | |
| Weg NO-SW | 0.1 | |
| Weg S | 0.1 | |
| Schn.O | 0.2 | |
| 7 zus. | 17.2 | |
| 8 a | 2.3 | Fi |
| $b_1$ | 0.9 | Bi |
| $b_2$ | 0.9 | Bu |
| $c_1$ | 0.7 | Fi |
| $c_2$ | 0.5 | Fi |
| $d_1$ | 4.1 | Fi |
| $d_2$ | 0.6 | Fi |
| Schn.O | 0.3 | |
| Weg NW | 0.1 | |
| Weg NO | 0.1 | |
| 8 zus. | 10.5 | |
| 13 a | 2.3 | Fi |
| b | 2.6 | Fi |
| c | 2.3 | Fi |
| d | 2.3 | Fi |
| $e_1$ | 1.9 | Fi |
| $e_2$ | 0.2 | Fi |
| f | 4.8 | Fi |
| α | 1.2 | |
| Schn.O | 0.3 | |
| Schn.N | 0.3 | |
| Schn.N-S | 0.6 | |
| 13 zus. | 18.8 | |
| 14 a | 5.7 | Bu |
| b | 3.8 | Fi |
| c | 4.4 | Fi |
| d | 2.9 | Bu |
| $e_1$ | 1.5 | Fi |
| $e_2$ | 0.4 | Fi |
| f | 2.0 | JLä |
| g | 2.5 | Fi |
| h | 2.4 | Fi |
| i | 0.8 | Bi |
| Weg NO | 0.5 | |
| Weg W | 0.3 | |
| Weg S | 0.5 | |
| Schn. | 0.1 | |
| 14 zus. | 27.8 | |
| 15 a | 2.7 | Bu |
| $b_1$ | 0.8 | Fi |
| $b_2$ | 0.6 | REr |
| c | 1.5 | Fi |
| d | 1.2 | REr |
| $e_1$ | 2.3 | Fi |
| $e_2$ | 0.9 | Bi |
| $e_3$ | 1.5 | Fi |
| $e_4$ | 0.4 | Fi |
| f | 2.1 | SFi |
| g | 2.1 | REr |
| α | 0.7 | |
| b | 0.1 | |
| c | 0.2 | |
| d | 0.4 | |
| e | 0.4 | |
| f | 0.7 | |
| Weg N | 0.7 | |
| Weg S | 0.1 | |
| 15 zus. | 19.4 | |

| Abtl. Unter-abtl. | Fläche ha | Holz-art | Al-ter | Bei-mischg. % |
|---|---|---|---|---|
| 16 $a_1$ | 12.7 | Fi | 47 | |
| $a_2$ | 1.2 | Fi | 68 | |
| $a_3$ | 1.2 | Fi | 65 | |
| b | 1.0 | Bu | 70 | |
| c | 0.8 | Fi | 40 | |
| Schn.O | 0.5 | | | |
| Weg N | 0.4 | | | |
| Weg S | 0.4 | | | |
| 16 zus. | 18.2 | | | |
| 17 a | 5.7 | Fi | 65 | |
| $b_1$ | 4.1 | Fi | 66 | |
| $b_2$ | 1.0 | Fi | 48 | |
| c | 5.5 | Fi | 45 | |
| d | 2.2 | Fi | 48 | |
| e | 2.4 | Fi | 65 | |
| f | 1.2 | JLä | 17 | |
| g | 0.6 | Bu | 100 | |
| h | 2.9 | Fi | 68 | |
| α | 0.4 | | | |
| β | 0.3 | | | |
| Schn.N | 0.5 | | | |
| " O | 0.5 | | | |
| " NO | 0.3 | | | |
| " SW | 0.1 | | | |
| Weg | 0.6 | | | |
| 17 zus. | 28.3 | | | |
| 18 a | 5.6 | Fi | 70 | |
| $b_1$ | 4.7 | Ei | 80 | |
| $b_2$ | 0.8 | Ei | 60 | |
| $c_1$ | 3.6 | Fi | 70 | |
| $c_2$ | 2.5 | Fi | 70 | |
| d | 1.1 | Fi | 38 | |
| $e_1$ | 2.1 | Fi | 18 | |
| $e_2$ | 0.7 | Fi | 0 | |
| f | 0.4 | - | - | |
| α | 0.2 | | | |
| Weg | 0.5 | | | |
| 18 zus. | 22.2 | | | |
| 19 a | 1.2 | ELä | 0 | |
| b | 3.3 | Fi | 65 | |
| $c_1$ | 0.6 | Fi | 42 | |
| $c_2$ | 0.5 | Ei | 50 | Bi 10 |
| $d_1$ | 2.0 | Ei | 60 | Bi 20 |
| $d_2$ | 1.4 | Bu | 90 | Ei 50 |
| $d_3$ | 3.4 | Ei | 60 | |
| e | 1.5 | Ei | 80 | |
| $f_1$ | 0.7 | Fi | 30 | |
| $f_2$ | 0.5 | Fi | 9 | |
| g | 5.2 | Fi | 65 | |
| Weg N | 0.5 | | | |
| Weg S | 0.4 | | | |
| Weg | 0.1 | | | |
| 19 zus. | 21.3 | | | |
| 20 $a_1$ | 3.3 | Fi | 37 | |
| $a_2$ | 0.7 | Fi | 48 | |
| $a_3$ | 0.9 | Bu | 70 | |
| $a_4$ | 0.6 | Fi | 22 | |
| b | 1.0 | Fi | 12 | |
| c | 4.0 | Fi | 65 | |
| d | 2.4 | Ei | 80 | |
| $e_1$ | 2.1 | Ei | 75 | |
| $e_2$ | 0.8 | Ei | 45 | |
| f | 1.2 | SFi | 12 | |
| g | 2.1 | Fi | 60 | |
| h | 1.5 | REi | 11 | |
| $i_1$ | 0.7 | SFi | 0 | |
| $i_2$ | 1.1 | SFi | 5 | |
| k | 1.9 | Ei | 50 | |
| Weg NO | 0.5 | | | |
| Weg NW | 0.7 | | | |
| 20 zus. | 25.5 | | | |
| 21 a | 12.0 | Fi | 65 | |
| $b_1$ | 3.4 | Bu | 70 | |
| $b_2$ | 2.0 | Ei | 60 | |
| c | 2.8 | Fi | 60 | |
| d | 7,4 | Bu | 16 | |
| e | 0,3 | Bi | 40 | |
| $f_1$ | 1,1 | JLä | 8 | |
| $f_2$ | 0,2 | Fi | 27 | |
| Weg N | 0,6 | | | |
| 21 zus. | 29.8 | | | |

| Abtl. Unter-abtl. | Fläche ha | Holz-art | Al-ter | Bei-mischg. % |
|---|---|---|---|---|
| 22 a | 2.0 | Fi | 58 | |
| b | 2.8 | Bu | 100 | |
| c | 0.5 | Blöße | - | |
| d | 3.7 | Fi | 58 | |
| e | 2.4 | Bu | 80 | |
| $f_1$ | 2.0 | JLä | 20 | |
| $f_2$ | 2.7 | Bu | 30 | |
| $g_1$ | 2.5 | Bu | 105 | |
| $g_2$ | 0.7 | Fi | 68 | |
| Weg O | 0.7 | | | |
| Weg NO | 0.3 | | | |
| 22 zus. | 20.3 | | | |
| 23 a | 2.7 | Bu | 105 | |
| b | 2.0 | Fi | 60 | |
| c | 2.0 | Bu | 90 | |
| d | 1.9 | Fi | 60 | |
| e | 2.4 | Bu | 100 | |
| f | 1.2 | Bu | 80 | |
| g | 3.4 | Fi | 47 | |
| Schn NO | 0.0 | (0.03) | | |
| Weg O | 0.2 | | | |
| Weg N | 0.3 | | | |
| Weg ing | 0.1 | | | |
| Weg c/d | 0.1 | | | |
| Weg SW | 0.3 | | | |
| 23 zus. | 16.6 | | | |
| 26 $a_1$ | 5.4 | Fi | 15 | |
| $a_2$ | 2.6 | Fi | 27 | |
| b | 0.5 | Fi | 42 | |
| c | 2.4 | Fi | 60 | |
| d | 1.5 | Bu | 25 | |
| e | 2.7 | Fi | 63 | |
| $f_1$ | 8.1 | Fi | 45 | |
| $f_2$ | 2.4 | Bu | 100 | |
| $f_3$ | 0.7 | Bu | 0 | |
| $g_1$ | 0.8 | Fi | 33 | |
| $g_2$ | 0.6 | Fi | 50 | |
| $h_1$ | 1.9 | JLä | 21 | |
| $h_2$ | 0.9 | Fi | 18 | |
| α | 0.2 | | | |
| β | 0.3 | | | |
| γ | 0.2 | | | |
| Weg N-O-S | 1.1 | | | |
| Weg SO | 0.3 | | | |
| Weg Mitte | 0.1 | | | |
| 26 zus. | 32.7 | | | |
| 27 $a_1$ | 1.8 | Ei | 85 | |
| $a_2$ | 0.7 | Ei | 68 | |
| $b_1$ | 2.7 | Fi | 58 | |
| $b_2$ | 2.2 | Fi | 58 | |
| c | 1.4 | Fi | 40 | |
| d | 2.2 | Fi | 38 | |
| e | 5.6 | Fi | 27 | |
| f | 1.5 | REr | 16 | |
| Weg | 0.5 | | | |
| 27 zus. | 18.6 | | | |
| 28 $a_1$ | 2.3 | Fi | 8 | |
| $a_2$ | 1.6 | Fi | 16 | |
| $a_3$ | 0.9 | Fi | 0 | |
| b | 3.9 | Ei | 55 | |
| c | 3.8 | Ei | 75 | |
| d | 7.6 | Fi | 38 | |
| e | 1.2 | Fi | 8 | |
| Schn. | 0.4 | | | |
| 28 zus. | 21.7 | | | |

Beilage zum Aufsatz F. Voß
„Zur Herstellung von Forstbetriebskarten . . .“
Heft 8-9 der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung,
Jahrgang 141 (D 1088 E).

# Zur Herstellung von Forstbetriebskarten mit Hilfe maßstäbiger Luftbildkarten und automatischer Rechen- und Kartieranlagen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen

Von FERDINAND VOSS, Münster[1])

(Mit 4 Abbildungen, davon 1 Beilage, und 2 Tabellen)

## 1. Ausgangssituation

### 1.1. *Grundlage, Herstellung und Laufendhaltung konventioneller Forstbetriebskarten und Einsatz des Luftbildes*

Die meisten Forstbetriebe der Bundesrepublik sind in der Erstperiode der Katasteruraufnahme (1812 - 1838) oder spezieller Forstvermessungen erstmals vermessen und katastriert worden. Grundrißgenauigkeit und Vollständigkeit dieser Uraufnahmen schwanken je nach Grundlagenetz, Meßmethode und Meßaufwand in den einzelnen Bundesländern sehr stark. So sind die Katasterurkarten der süddeutschen Länder infolge der dort von vornherein erzielten Einheit von Kataster- und Landesaufnahme[2]) allgemein von besserer Güte als in Norddeutschland, wo beide Kartenwerke unabhängig voneinander entstanden sind. Hier wurde erst nach 1945 mit der Herstellung der Katasterplankarte als Vorstufe der Deutschen Grundkarte 1 : 5 000 (DGK 5) begonnen und dadurch das Bindeglied zwischen Kataster- und Landesaufnahme geschaffen.

Die mangelnde innere Genauigkeit der nordrhein-westfälischen Katasterkarten der ersten Aufnahmeperiode im Bergland, insbesondere aber ihre unzulängliche Grenz- und Wegedarstellung im Wald, konnte beim Zusammenfügen zur Katasterplankarte nicht verbessert werden. Da spätere Katasterneu- und Fortführungsvermessungen nur geringe Teile der Waldflächen erfaßt haben, beruht die Walddarstellung größtenteils noch auf dem Ergebnis der Katasterurvermessung, mit Ausnahme der wenigen Blätter, die inzwischen durch topographischen Feldvergleich zur Grundrißstufe der DGK 5 weiterentwickelt oder auf der Grundlage einer Stereokartierung neu entstanden sind.

Diese Ausgangslage führte dazu, daß in Nordrhein-Westfalen beim ersten Forsteinrichtungsumlauf nach dem 2. Weltkrieg umfangreiche konventionelle Vermessungs-, Kartierungs- und Flächenberechnungsarbeiten zur Ergänzung und Verbesserung der Katasterplankarte angefallen sind, die das Einrichtungsverfahren kostenmäßig erheblich belastet und vielfach zu Behelfslösungen mit geringem Qualitätsanspruch geführt haben [1, S. 204].

Eine Umfrage des Arbeitskreises für forstliches Luftbild- und Kartenwesen ergab, daß zur Herstellung und Laufendhaltung der Betriebskarte in der Bundesrepublik bisher das Luftbild nur in sehr geringem Umfang herangezogen worden ist. So sind in einer vollen Einrichtungsperiode von 10 Jahren im Bundesdurchschnitt nur für 26 % der Waldflächen Luftbilder benutzt worden, die sich zu 11 % auf eigene Forstbefliegungen, zu 6 % auf Beteiligungen an fremden Bildflügen und zu 9 % auf die Mitbenutzung fremden Bildmaterials verteilen. Wenn man bedenkt, daß die Landesflächen zum Zwecke der Laufendhaltung der topographischen Kartenwerke und der Herstellung von Bildplänen laufend im Turnus von etwa 5 bzw. 15 Jahren beflogen werden, dann erscheint die bisherige Ausschöpfung des amtlichen Luftbildmaterials mit nur 15 % durch die Forstverwaltung als zu gering.

Die Ursache dafür liegt hauptsächlich in der Eigentumszersplitterung der Waldflächen und der Ausrichtung des Einrichtungsverfahrens nach Einzelbetrieben[3]) anstelle einer regional zusammengefaßten Einrichtung und teilweise auch in der nicht ausreichenden Koordinierung von Bildflugvorhaben der Landesvermessung mit Einrichtungsvorhaben der Forstbehörden. Da sowohl die Vermessungs- als auch die Forsthoheit bei den Ländern liegt, sollten hier ein Zusammenwirken der Forst- und Vermessungsbehörden und der Übergang zu einer rationellen regionalen Einrichtung möglich sein.

Infolge der Zentralperspektive weist das Luftbild im Bergland radiale Lageversetzungen auf, wodurch die Laufendhaltung der Betriebskarte durch Nachtrag der neuen Wege und Bestandsgrenzen mit Hilfe einfacher Luftbildumzeichner erschwert und oft in den Grenzen der zu fordernden Genauigkeit nicht möglich ist. Unter Ausschaltung der Lageversetzungen können Einzelpunkte genügend genau im Wege der etwas umständlichen Proportionalteilung [2], Linienzüge durch Stereoausmessung mit dem Stereotop oder dem Doppelprojektor DP 1 exakt übertragen werden. Allerdings wird die Einpassung der Nachtragsergebnisse in den Kartengrundriß dann problematisch, wenn dieser größere Lageverzerrungen aufweist, die bisher unerkannt geblieben waren.

Die Lageversetzungen bei bergigem Gelände standen bisher auch einer unmittelbaren Verwendung des Luftbildes als Kartenersatz im Wege. Versuche durch Facetten- oder mosaikartige Bildzusammensetzungen (Bildplan, Bildmosaik) einen ausmeßbaren Kartengrundriß herzustellen, sind gescheitert. Sie können jedoch, ohne Grundlage des Flächenwerks zu sein, durch ihren Reichtum an forstwirtschaftlichen Informationen die Funktion der Wirtschafts- und Planungskarte übernehmen.

### 1.2. *Verwendung der Luftbildkarte zur Kartennachführung und zur Herstellung eines neuen Typs der Forstbetriebskarte*

Seit 1966 werden im Lande Nordrhein-Westfalen maßstäbige Luftbildkarten (Orthophotokarten vgl. hierzu [3]) 1 : 5 000 als Bestandteil des amtlichen Grundkartenwerkes hergestellt [4]. Das Herstellungsprogramm (ca. 800 Blätter pro Jahr), das sich zunächst nur auf größere Gebirgsflächen erstreckte, in denen die DGK 5 noch nicht vorliegt, ist inzwischen auch auf die ebenen Landesteile ausgedehnt worden. Es kann damit gerechnet werden, daß die Luftbildkarte in einigen Jahren zur Verfügung steht und im Turnus von 5 bis 15 Jahren laufendgehalten wird.

Infolge ihrer *Maßstäbigkeit* erschließt die Luftbildkarte neue und einfache Wege der Herstellung und Nachführung der Betriebskarte, über die in [1, S. 205] berichtet worden ist. Mit einem Blick verschafft sie dem Forstmann ein rasches und sicheres Urteil über die Lagerichtigkeit und die Vollständigkeit des konventionellen Kartengrundrisses und ermöglicht dessen Nachführung durch unmittelbares Hochzeichnen der fehlenden Angaben. Der eigent-

[1]) Nach einem Vortrag im Arbeitskreis „Forstliches Luftbild- und Kartenwesen" am 4. 12. 1969 in Bebenhausen.

[2]) Die Katasterkarten sind Grundmaßstab der Kartenpyramide der topographischen Kartenwerke und haben das gleiche Triangulationsnetz und Rahmensystem der Landesaufnahme.

[3]) Zur Zeit bestehen in Nordrhein-Westfalen keine gesetzlichen Möglichkeiten bei Körperschafts- u. Privatwaldungen auf den Zeitpunkt der Einrichtung einzuwirken.

liche Vorteil der Luftbildkarte im forstlichen Anwendungsbereich besteht aber darin, daß sich aus der Kombination von Luftbildgrundriß und einem sparsam gehaltenen forstlichen Grenzlinienbild (Deckfolie) rasch und billig ein neuer Kartentyp der Betriebskarte gewinnen läßt, der sich als ausgesprochen automationsfreundlich erweist [1, S. 206]. Da nur etwa 40 % der vorhandenen Forstbetriebskarten den Anforderungen der Grenzdarstellung und Flächenberechnung genügen und im Zuge der Neuorganisation des Forstwesens viele Betriebskarten für forstliche Zusammenschlüsse neu hergestellt werden müssen, sind die Voraussetzungen zur Einführung des kombinierten Kartentyps in Nordrhein-Westfalen besonders günstig [4]).

### 1.3. *Einsatzmöglichkeiten der Automation, Genauigkeitsforderungen*

Bei der Herstellung des neuen Kartentyps (Abb. 1) bietet sich ein nahezu vollständig automatisierter Arbeitsablauf an, bei dem die Zeichnung des Grenzlinienbildes, der Signaturen sowie deren Positionierung, die Beschriftung, die Flächenberechnung und ihre Abstimmung auf die Sollfläche des Katasters, der Aufschrieb des Flächennachweises und gegebenenfalls die Herstellung von Farbdeckern für bunten Flächenüberdruck elektronisch gesteuerten Anlagen überlassen wird. Da diese Arbeiten in konventioneller Manier außerordentlich zeit- und kostenaufwendig sind, sollte zur Erzielung eines hohen Wirtschaftlichkeitseffektes der automatische Arbeitsprozeß möglichst wenig durch manuelle Arbeitsschritte unterbrochen werden.

Zur Zeichnung des Grenzlinienbildes ist nicht die gleiche extrem hohe Strichqualität und Strichgenauigkeit erforderlich wie für Grundriß- und Höhenlinienbilder topographischer Karten. Während für topographische Landeskartenwerke Kartiergenauigkeiten von ± 0,035 mm und zur Digitalisierung kurvenförmiger Linien Punktschritte von etwa 0,1 mm Abstand (mit Glättung durch eine Kurve höherer Ordnung) verlangt werden, genügt für das Grenzlinienbild 1 : 10 000 eine Lagegenauigkeit von etwa ± 0,3 mm, was einer Festlegung der Waldgrenzen in der Natur auf ± 3 m entspricht. Diese Genauigkeit liegt damit erheblich über der, die für das Grundrißbild der DGK 5 im Wald mit ± 7 m festgelegt worden ist.

## 2. Automatische Zeichnung und Flächenberechnung

### 2.1. *Entwurf des Grenzlinienbildes in einer Lichtpause der maßstäbigen Luftbildkarte (Orthophotokarte)*

Als Ausgangselement für die Laufendhaltung einer veralteten Betriebskarte hat bislang eine vorhandene Karte (z. B. die veraltete Betriebskarte selbst) gedient, worin der Einrichter die ausgeschiedenen Bestandslinien (Eigentums-, Abteilungs-, Unterabteilungs- und Unterflächengrenzen sowie numerische Bezeichnungen dazu) entworfen und woraus ggf. eine neue Entwurfskarte angefertigt worden ist. Gleichzeitig ist das Schema des Flächenverzeichnisses mit Angaben über Art, Alter und Mischungsverhältnisse des Waldes vorbereitet worden.

Für unseren Kartentyp empfiehlt es sich, den Einteilungsentwurf in Einzelblättern der Luftbildkarte 1 : 5 000 auszuarbeiten [5]), denn das maßstäbige Luftbild (Orthophoto) enthält den neuesten Stand des Wegenetzes und der Waldbestockung und damit viele Anhaltspunkte zur Bestandsausscheidung und Kartierung. Lassen die Abbildungsbedingungen, das Geländerelief und der Schlagschatten einzelne Grenzlinien nicht oder nicht mit Sicherheit erkennen, müssen sie auf Grund örtlicher Feststellung nachkartiert werden. Die für die Feldarbeit handlichen Entwurfsblätter werden später im Zeichenautomaten zum geschlossenen Deckfolienbild 1 : 10 000 zusammengefügt.

Für die zeichnerische Ausarbeitung haben sich Lichtpausen der Luftbildkarte 1 : 5 000 in hellem Farbton auf TSK 80 g/qm Papier bewährt, auf denen z. B. mit rotem Kugelschreiber gezeichnet werden kann. Ein etwaiger Papierverzug wird beim Einpassen der Blatteinheit in das Koordinatengitter ausgeschaltet; dadurch wird sichergestellt, daß das zu kartierende Grenzlinienbild (Deckfolie) mit dem Luftbildgrundriß exakt übereinanderpaßt. Außerdem läßt sich im größeren Entwurfsmaßstab 1 : 5 000 das Sollmaß für die Grenzlinienkartierung (hier ± 0,6 mm) leichter einhalten.

### 2.2. *Übersicht über das Automationssystem*

In der Abb. 2 ist der Automationsablauf im Zusammenhang mit dem Gerätesystem schematisch dargestellt.

Voraussetzung für die automatische Zeichnung und Flächenberechnung ist die datenmäßige Erfassung (Digitalisierung) der darzustellenden Linienelemente. Grundlage hierfür bildet der vom Operateur aufbereitete Einteilungsentwurf (vgl. 2.4.).

Für unseren Versuch erwies sich ein manuell [6]) betriebener halbautomatischer *Digitizer* (Koordinatenerfassungsgerät HAROMAT, Fa. Hagen-Systeme, Rotterdam) als zweckmäßig und ausreichend. Dabei werden die Knickpunkte der Linienzüge im Einteilungsentwurf mit der Meßlupe des Digitizers angefahren. Kurvenförmige Linien müssen je nach Krümmungsgrad auf Grund freier Beurteilung des Operateurs, natürlich unter Einhaltung des Genauigkeitsmaßes nach 1.3, in mehr oder weniger lange Streckenelemente nach Art eines Polygonzuges aufgeteilt werden. Die in der Recheneinheit des Haromaten automatisch ermittelten Koordinatenpaare des jeweils angefahrenen Punktes werden durch Knopfdruck auf einem Datenträger (Magnetplatten, Magnetband oder Lochstreifen) gespeichert. Weitere Informationen, wie Punktnummern oder Steuerbefehle über Art und Breite der zu zeichnenden Linien, lassen sich leicht über ein Tastenfeld, das in der Nähe der Meßlupe angebracht ist, eingeben (Abb. 3). Auf diese Weise sind die 6 Entwurfsblätter des Kartenbeispiels blattweise nacheinander digitalisiert worden.

Der im Haromaten erstellte Datenträger wird mit Hilfe eines Spezialprogramms in einer Rechenanlage, z. B. Z 25 der Fa. Zuse KG, Bad Hersfeld, aufbereitet. Dadurch erhält man einen Steuerstreifen, über den sowohl die Flächenberechnung aller erfaßten Flächenstücke als auch die automatische Zeichnung des Grenzlinienbildes erfolgen kann. Die gleiche Rechenanlage liefert die Flächenberechnung unmittelbar, wobei ein beigeschalteter Formulardrucker oder Fernschreiber die einzelnen Flächenangaben sofort in das Flächenverzeichnis eindrucken kann. Das Deckfolienbild läßt sich auf einem Zeichenautomaten, z. B. GRAPHOMAT Z 92 der Fa. Zuse, vollautomatisch in beliebigen Maßstäben kartieren.

### 2.3. *Analyse und Inhaltsdichte des Grenzlinienbildes*

Das Grenz- und Signaturenbild der Abb. 1 enthält unterschiedliche Linienelemente, positionsgebundene Signaturen, Namen und alphanumerische Merkmale. Diese Elemente sind auf ihre Automationsfreundlichkeit und ihre zeichentechnische Realisierung hin zu untersuchen.

---

[4]) Nach dem RdErl. d. Min. f. Ernähr., Landw. u. Forsten vom 20. 11. 69 wird die Erstellung gemeinsamer Einrichtungswerke bei forstlichen Zusammenschlüssen mit bis zu 100 % der Kosten bezuschußt.

[5]) Für das Kartenbeispiel der Betriebskarte „Ebbetal" (Abb. 1) ist die Waldeinteilung in 6 Einzelblättern entworfen worden.

[6]) Digitizer, die mit hohem elektronischen Aufwand für Abtast-, Registrier- und Steuereinrichtung ein wesentlich schnelleres Digitalisieren in Linienverfolgungs- oder Flächenabtastmodus ermöglichen, stehen ebenfalls zur Verfügung.

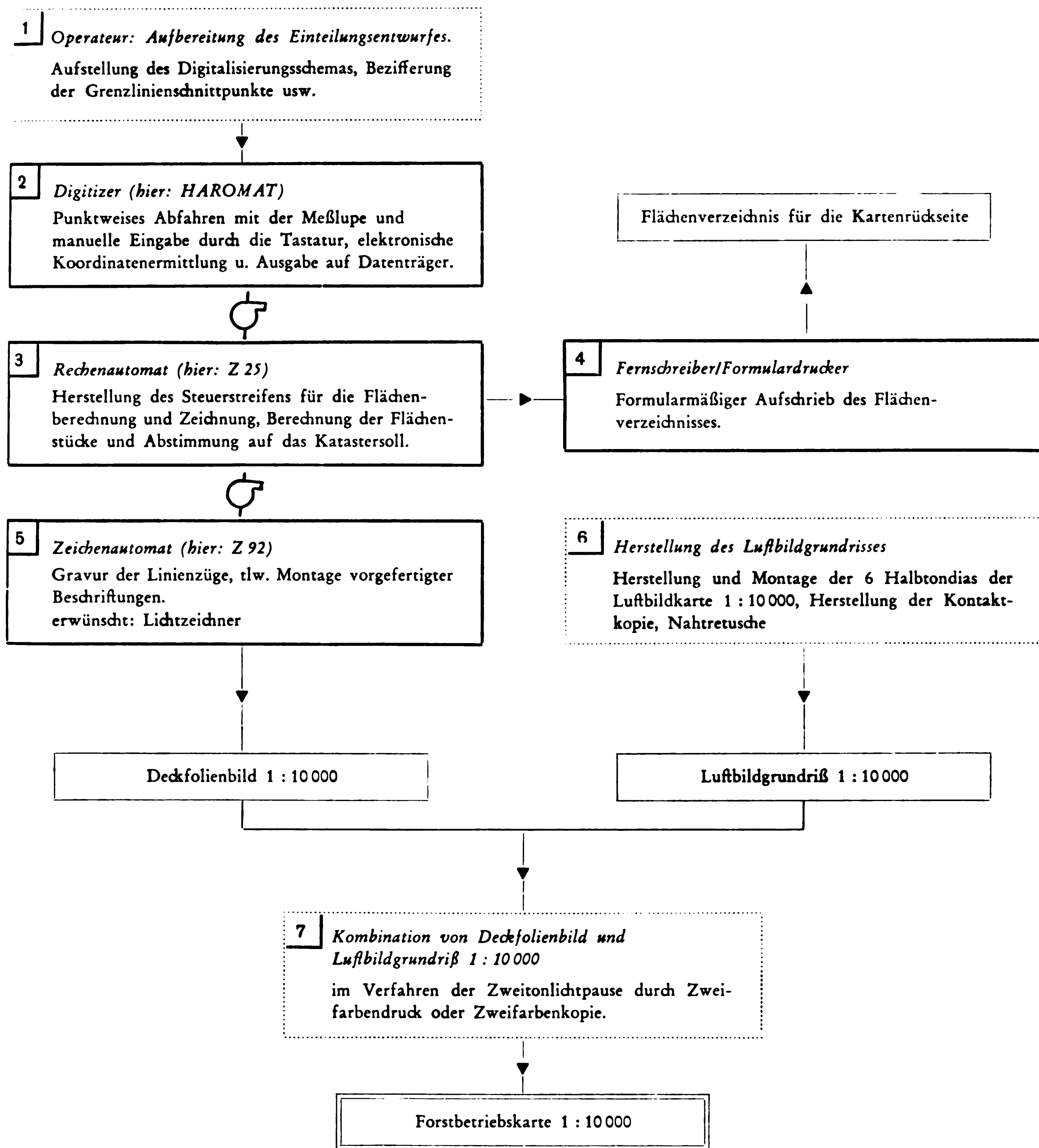



Abb. 2
Schematische Darstellung des Automationssystems

Die vier verschiedenen *Grenzlinien* (Eigentums-, Abteilungs-, Unterabteilungs- und Unterflächengrenzen) unterscheiden sich in der Strichbreite und in der Strichart (durchlaufend, gestrichelt und punktiert). Unterschiedliche Strichbreiten sind dadurch zu realisieren, daß der Zeichenautomat in einem Revolverkopf[7]) bis zu vier verschiedene Zeichenstifte aufnimmt. Je nach Strichbreite, die bei der Digitalisierung durch einen entsprechenden Steuerbefehl gekennzeichnet worden ist, kann jetzt die notwendige Strichart abgerufen werden. Auch Strichelungen lassen sich auf diese Weise erreichen. Problematisch dagegen ist zur Zeit noch die automatische Zeichnung der Vollpunkt-Signatur der Abteilungsgrenze mit dem Zeichenstift. Da die automatische Vollzeichnung des Punktes zu schematisch abläuft, bringt sie gegenüber der Herstellung durch Strippingfilm oder Abreibefolie keinen Gewinn.

[7]) Infolge starker mechanischer Beanspruchung und des hohen Zeitaufwandes für Stichelwechsel haben sich Revolverköpfe nicht bewährt; sie werden durch neu entwickelte Lichtzeichner abgelöst.

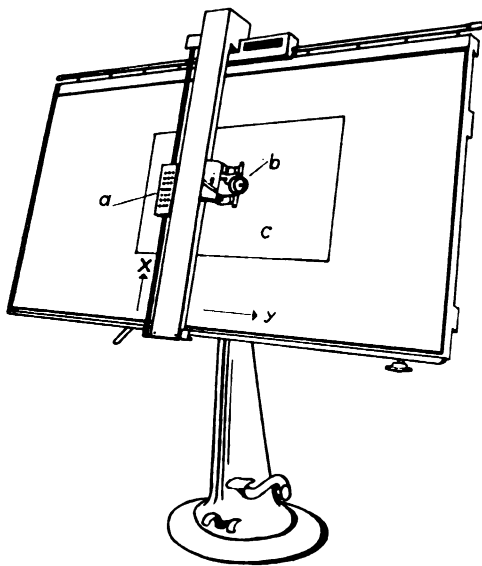



Abb. 3
Koordinatenerfassungsgerät Haromat (ohne Recheneinheit)
a Kartenfeld, b Meßlupe, c Kartenentwurf

Die Darstellung der in der Deckfolie enthaltenen und für die automatische Kartierung entworfenen acht *Signaturen* für Holzarten ist mit dem Zeichenstift möglich. Dabei werden Signaturen, die aus Bogenstücken bestehen, in differentielle Teilstücke zerlegt, die in der Zusammenfügung durch den Zeichenstift zwar eine gut erkennbare Signatur ergeben, aber hinsichtlich ihrer kartographischen Ästhetik nicht ganz befriedigen. Auch wegen des Arbeitsaufwandes erscheint hier z. Z. noch die Montage von auf Strippingfilm oder Abreibfolie vorgefertigten Symbolen zweckmäßiger, solange die neuen Lichtzeichner noch nicht zur Verfügung stehen. Ebenso ist zur Zeit noch die Montage der Ziffern, Buchstaben und sonstigen Signaturen mit Hilfe von Strippingfilm oder Abreibefolie die wirtschaftlichere Arbeitsmethode.

Verschiedene Hersteller von Zeichenautomaten sind zur Zeit mit der Entwicklung sogenannter *Lichtzeichner* beschäftigt, die sicher in nicht allzu ferner Zukunft eine nahezu vollautomatische und technisch perfekte Herstellung von Kartierungen einschließlich jeder Art von Beschriftung ermöglichen. Bei der Verwendung von Lichtzeichnern an Stelle von Zeichenstiften oder Graviernadeln werden die darzustellenden Strichelelemente mit Hilfe eines elektronisch optischen Systems auf lichtempfindlichem Film unter Dunkelkammerbedingungen belichtet. Wird darüber hinaus der Lichtzeichner mit einer Symbolscheibe versehen, die jedes beliebige Symbol oder alphanumerische Zeichen enthalten kann, so sind Linienarten, Signaturen oder Beschriftungsmerkmale schnell und mit kartographischer Präzision darstellbar. Da sich auf einer Symbolscheibe nicht alle Buchstaben, Zahlen und Symbole unterbringen lassen, muß sie vom Operateur leicht gegen eine andere ausgetauscht werden können. Dies ist z. B. bei dem von den Firmen AEG und ARISTO entwickelten Lichtzeichner des Kartierautomaten Aristomat möglich, dessen Symbolscheibe 50 Zeichen aufnimmt.

Um die Inhaltsdichte zu erfassen, wurden die Kartenelemente im Grenzlinienbild der Revierkarte „Ebbetal" (ca. 810 ha Waldfläche), von der Abbildung 1 nur einen Ausschnitt zeigt, ausgezählt. Der Umfang der zu erfassenden Kartenelemente geht aus der Tabelle 1 hervor. Das teilweise aus Ankaufsflächen neugebildete Revier zeigt überwiegend eine stark differenzierte Einteilung, die zu einer hohen Anzahl von Kartenelementen und damit zu einem überdurchschnittlichen Arbeitsaufwand führt.

### 2.4. *Digitalisierung des Grenzlinienbildes*

Die Datenerfassung kann nach verschiedenen Gesichtspunkten vor sich gehen, die sich in der Regel nach der Ausstattung der zur Verfügung stehenden Rechenanlage richten. So kann man zum Beispiel erst alle Linien einer bestimmten Darstellungsart für ein ganzes Entwurfsblatt 1 : 5 000 (Einheit) in einem Zuge abfahren und läßt dann alle Linien einer anderen Art folgen. Das hat den Vorteil, daß jeweils nur *ein* Steuerbefehl für eine Linienart eingegeben werden muß, während andererseits eine große Anzahl Speicherplätze pro Einheit nötig ist, um alle Koordinaten des gesamtes Blattes zu erfassen. Dagegen reicht zwar eine wesentlich geringere Zahl von Speicherplätzen pro Einheit aus, wenn eine bestimmte Fläche (z. B. Unterabteilung) als Einheit gilt und ihre Umgrenzungslinien, gleich welcher Art sie sind, zusammenhängend erfaßt werden; allerdings muß dann jeder Wechsel der Linienart innerhalb dieser Einheit durch einen Steuerbefehl gekennzeichnet werden.

In unserem Beispiel wurde das erste Verfahren angewandt. Vor der eigentlichen Abtastarbeit mußte der Einteilungsentwurf für den Digitaliserungsvorgang aufbereitet werden. Hierzu wurden die Linienschnittpunkte mit Ziffern (Adressen) versehen, damit jedes Linienelement und jede Fläche eindeutig ansprechbar sind. Die Kennzeichnung der Zwischenknickpunkte auf den einzelnen Linien konnte unterbleiben. Die Bestimmung der Knickpunkthäufigkeit in Kurvenzügen wurde nach einer gewissen Einarbeitungszeit empirisch durch den Operateur vorgenommen.

Im folgenden wird an der Exklave der Abteilung 20 (Abb. 4, aber auch Abb. 1, unten) unter Anwendung des zweiten Verfahrens gezeigt, wie die Digitalisierung im einzelnen vor sich geht, und zwar mit der Annahme, daß auch Signaturen und sonstige Kennzeichen automatisch gekennzeichnet bzw. eingelichtet werden sollen. Die in Abb. 4 dargestellten Linien und Flächen sollen mit ihren Merkmalen für eine automatische Kartierung und Flächenberechnung erfaßt werden. Dazu werden die (numerierten) Linienschnittpunkte und die (nicht numerierten) Linienknickpunkte im Uhrzeigersinn mit der Meßlupe angefahren, ebenfalls die vorgesehene Position der Signaturen und Kennzeichen. In der bereits beschrie-

Tabelle 1

| Gesamtzahl | Kartenelemente | Koordinatenpaare | Koordinatenpaare pro Einh. |
|---|---|---|---|
| 181 | *Grenzlinien,* davon<br>32 km Eigentumsgrenze<br>33 km Abteilungsgrenze<br>87 km Unterabteilungsgrenze<br>29 km Unterflächengrenze | 6320<br>(Kartierung) | 1,7/cm |
| 526 | *Flächenstücke,* davon<br>386 Holzbodenflächen<br>23 Sonderflächen<br>106 Wege<br>11 sonstige Flächen | 6320<br>(Flächenberechnung) | 6,3/Fläche |
| 754 | *Symbole und alphanumerische Zeichen,* davon<br>408 Symbole<br>40 Ziffern<br>306 Buchstaben | 754<br>(Positionierung) | 1,0/cm$^2$ |

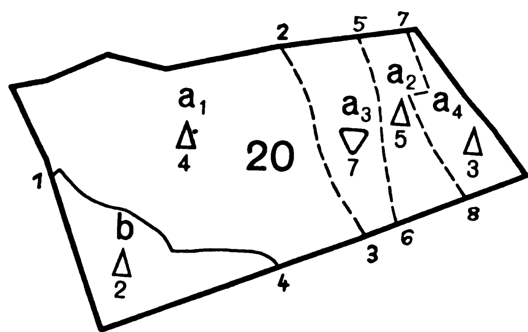



Abb. 4

benen Weise werden die auf die linke untere Blattdecke (Koordinatennullpunkt) bezogenenen Koordinatenpaare jedes angefahrenen Punktes durch Knopfdruck automatisch auf Lochstreifen festgehalten. Der Zusammenhang der Abtastvorgänge, die Berücksichtigung von Bedingungen (z. B. nur einmalige Darstellung einer Linie) und die Zusammensetzung von Steuerbefehlen werden in der Tabelle 2 erläutert.

### 2.5. *Automatische Zeichnung und Flächenberechnung*

Die Grundlage für die Kartierung und Flächenberechnung bilden die am Digitizer erfaßten, auf einem Datenträger gespeicherten Koordinaten, die in der Rechenanlage mit einem Grundprogramm in Steuerimpulse (Steuerstreifen) für die Zeichenanlage umgewandelt werden. Ähnlich werden die Eingabedaten für die Flächenberechnung gewonnen. Da die Gesamtheit der Daten einer Operationseinheit (Einzelblatt oder Unterfläche) immer im Rechner zur Verfügung stehen muß, wird die erforderliche Speicherkapazität von dem bei der Digitalisierung angewandten Verfahren diktiert (vergl. 2.4.). Um den für die Flächenberechnung benötigten Datenumfang zu reduzieren, ist bei unserem Versuch vorweg zwischen Anfangs- und Endpunkt einer gekrümmten Grenzlinie ein Flächenausgleich gerechnet worden, wodurch dann bei der eigentlichen Flächenberechnung von „begradigten" Umgangslinien ausgegangen werden konnte.

Zur Entlastung der Rechenanlage und zum wirtschaftlichen Einsatz der Zeichenanlage empfiehlt es sich, die Steuereinheit der Zeichenanlage mit einem frei programmierbaren *Interpolator* auszustatten. Dadurch wird die Datenmenge für die Steuerung des Zeichenautomaten erheblich reduziert und die Lösung häufig vorkommender Probleme ermöglicht, wie Maßstabswahl, Randabschal-

Tabelle 2

**Digitalisierungsschema zu Abb. 4**

Die im Einteilungsentwurf nicht numerierten Knickpunkte sind mit K, die Positionen der darzustellenden Symbole mit P gekennzeichnet; für die Holzarten sind Schlüsselzahlen verwendet worden z. B. 17 = Fichte.

| Operations-einheit | Steuer-befehl | Symbol | Anfahren Punkt | Registrieren Koordinaten y | x | Operation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ($a_1$) | | 20 | P | $y_P$ | $x_P$ | Abteilungsnummer 20 |
| | | $a_1$ | P | $y_P$ | $x_P$ | Unterflächennummer $a_1$ |
| | | 1704 | P | $y_P$ | $x_P$ | Symbol $\Delta_4$ |
| | 0 | | 1 | $y_1$ | $x_1$ | ohne Operation |
| | | | K... | $y_K$ | $x_K$ | |
| | 5 | | 2 | $y_2$ | $x_2$ | Eigentumsgrenze 1 ⟶ 2 |
| | | | K... | $y_K$ | $x_K$ | |
| | 8 | | 3 | $y_3$ | $x_3$ | Unterflächengrenze 2 ⟶ 3 |
| | 5 | | 4 | $y_4$ | $x_4$ | Eigentumsgrenze 3 ⟶ 4 |
| | | | K... | $y_K$ | $x_K$ | |
| | 7 | | 1 | $y_1$ | $x_1$ | Unterabteilungsgrenze 4 ⟶ 1 |
| | + | | | | | Operation Ende |
| ($a_3$) | | $a_3$ | P | $y_P$ | $x_P$ | Unterflächennummer |
| | | 1207 | P | $y_P$ | $x_P$ | Symbol $\Delta_7$ |
| | 0 | | 2 | $y_2$ | $x_2$ | ohne Operation |
| | 5 | | 5 | $y_5$ | $x_5$ | Eigentumsgrenze 2 ⟶ 5 |
| | | | K... | $y_K$ | $x_K$ | |
| | 8 | | 6 | $y_6$ | $x_6$ | Unterflächengrenze 5 ⟶ 6 |
| | 5 | | 3 | $y_3$ | $x_3$ | Eigentumsgrenze 6 ⟶ 3 |
| | | | K... | $y_K$ | $x_K$ | |
| | 4 | | 2 | $y_2$ | $x_2$ | Keine Zeichnung 3 ⟶ 2, jedoch für Flächenberechnung benutzen |
| | + | | | | | Operation Ende |
| ($a_2$)<br>($a_4$)<br>b | usw. | | | | | |

tung, Geraden- und Kurveninterpolation, Schrift- und Symbolzeichnung, um nur die wichtigsten zu nennen. Mit dem angeschlossenen Blattschreiber können Vorgaben und Bedingungen (z. B. Maßstabswahl) ebenso bequem manuell eingegeben werden, wie Punktkoordinaten, wodurch z. B. Einpassungsvorgänge in vorhandene Karten möglich werden. Für bestimmte Operationen ist eine *Tangentialsteuerung* Voraussetzung, die u. a. den Zeichenkopf in die Lage versetzt, gleichbleibend breite Kurven oder in beliebiger Fahrrichtung gleichabständige Doppellinien zu zeichnen, indem die Gravierschneiden oder Belichtungsblenden bei Kurvenverläufen tangential nachgeführt werden.

Da der automatische Herstellungsprozeß möglichst wenig durch manuelle Arbeitsschritte unterbrochen werden soll, sollte die Zeichenanlage von vornherein mit einem Lichtzeichner und austauschbaren Symbolscheiben ausgestattet werden. Nur so ist eine vollautomatische Kartierung möglich, bei der in Sekundenbruchteilen auch Symbole, Zeichen und Beschriftungen an die gewünschte Stelle eingelichtet werden können und zeitraubendes Einkleben oder Abreiben entfällt.

Im Hinblick auf Wiederholungseinrichtungen, die z. Z. im Turnus von 10 oder 20 Jahren vorgeommen werden sollen, können alle Daten auf Magnetplatten in einer Datenbank gespeichert werden. Dort stehen sie für Ergänzungen und Änderungen laufend abrufbereit zur Verfügung.

### 2.6. *Arbeitsaufwand und Wirtschaftlichkeit*

Aus dem für die Herstellung der Forstbetriebskarte „Ebbetal" notwendigen Arbeitsaufwand lassen sich erste Schlüsse zur Wirtschaftlichkeit des neuen Verfahrens ziehen, wobei zu beachten ist, daß für unseren Versuch nur ein unvollkommen ausgerüstetes Automationssystem zur Verfügung stand.

Die in 2.1. empfohlene Ausarbeitung des Einteilungsentwurfes bedeutet keinen zusätzlichen Aufwand gegenüber der bisherigen Methode, denn auch hier mußte der Einrichter das Ergebnis seiner Bestandsausscheidung maßstäblich in einer Karte darstellen oder dies vermessungstechnischen Fachkräften überlassen.

Hier bringt die Verwendung des maßstäbigen Orthophotos gegenüber der früheren Handhabung schon viele Vorteile und Vereinfachungen.

Die Aufbereitung des Einteilungsentwurfes von ca. 810 ha in 6 Einzelblättern erforderte 6 Stunden, die Digitalisierung des Linienbildes (ohne Symbole, Nummern usw.) am Haromaten etwa 18 Stunden. Damit liegt die zur Datenerfassung benötigte Gesamtarbeitszeit bei 24 Stunden, was einer Stundenleistung von etwa 34 ha bei stark differenzierter Forsteinrichtung entspricht. Dagegen haben die Datenaufbereitung im Rechenautomaten, die automatische Zeichnung und Flächenberechnung und alle Berichtigungen insgesamt nur 8 Stunden beansprucht. Das auf den ersten Blick etwas ungünstig erscheinende Zeitverhältnis von 3 : 1 zwischen (manueller) *Datenerfassung* und (automatischer) *Datenverarbeitung* ist stark von den Erfordernissen der Flächenberechnung diktiert.

Bei dem hier angewandten Automationssystem entspricht der gesamte Zeitaufwand für die Rohkartierung der Deckfolie (32 Std.) noch fast dem für die manuelle Gravur (45 Std.). Dies bedeutet aber, daß schon bei den bescheidenen technischen Möglichkeiten unserer Versuchsarbeit die gesamte Flächenberechnung ohne besonderen Zeitaufwand sozusagen als Nebenprodukt angefallen ist, was bei 526 Flächenstücken einer Zeitersparnis von etwa 100 Arbeitsstunden entspricht[8]).

Sobald die Lichtzeichner zum Einsatz kommen und damit ein ununterbrochener Datenfluß und vollautomatischer Arbeitsprozeß erreicht worden ist, wird sich die wirkliche Arbeitsersparnis noch erheblich steigern.

## 3. Herstellung des Luftbildgrundrisses

Der Luftbildgrundriß 1 : 10 000 des neuen Kartentyps der Betriebskarte kann ohne Maßstabsumbildung unmittelbar von den Originalblättern des amtlichen Luftbildkartenwerkes abgeleitet werden, denn dieses wird vom Landesvermessungsamt neben dem Maßstab 1 : 5 000 zukünftig auch im Maßstab 1 : 10 000 bearbeitet. Entsprechend der jeweiligen Revierabgrenzung sind die benötigten Einzelblätter 1 : 10 000 auf dem einfachsten Wege und ohne übertriebenen Qualitätsanspruch zusammenzufügen und mit Blattrand und Legende auszugestalten.

Die Vervielfältigung der Betriebskarte im Zweitonlichtpaus- oder Offsetdruckverfahren erfordert gerasterte seitenverkehrte Transparentstücke. Dazu werden von den seitenverkehrten Kartenoriginalen 1 : 10 000 transparente Zwischenstücke auf M-Folie abgeleitet und zusammengesetzt, und von der Montage erhält man die seitenverkehrte Astralonkopie des Luftbildgrundrisses als Ausgangsstück der Vervielfältigung. In der Kopie kann auf eine Nahtretusche weitgehend verzichtet werden und wegen des genormten Kontrastumfanges der Luftbildkarten auch auf eine fotografische Angleichung des Schwärzungsgrades der Einzelblätter durch Abschwächen oder Verstärken.

Die Kosten für ein Zusammenfügen des Luftbildgrundrisses aus 4 Einzelblättern 1 : 10 000 (einschließlich Retusche und Material) erreichen eine Größenordnung von ca. 100,— DM; allerdings sind hierin etwaige Lizenzkosten nicht enthalten. Falls die amtlichen Kartenoriginale 1 : 10 000 noch nicht vorhanden sind und die Ausgangsstücke 1 : 10 000 erst gesondert angefertigt werden müssen, muß mit dem 2-fachen Kostenbetrag gerechnet werden

## 4. Vervielfältigung der Forstbetriebskarte 1 : 10 000

Die Vervielfältigung des neuen Kartentyps in zwei Farben erfordert einmal eine möglichst optimale Wiedergabe aller Details des Luftbildes und zum anderen eine gute Lesbarkeit der Grenzlinien. Beide Forderungen stehen sich entgegen und verlangen einen Kompromiß. Natürlich ist für die Wiedergabe des Luftbildes die schwarze Farbe wegen der Breite ihrer Gradationsskala (vom hellen Grau zum tiefsten Schwarz) am besten geeignet, doch ist es schwierig und teilweise unmöglich, im satten schwarzen Farbton andersfarbige Grenzlinien noch lesbar hervortreten zu lassen. Anstelle der schwarzen Farbe werden deshalb für das Luftbild besser schwarzgrüne, olivgrüne oder dunkelbraune Farbtöne verwendet, die eine ausreichende Lesbarkeit eines tiefschwarzen Grenzlinienbildes sicherstellen. In unserem Kartenbeispiel (Abb. 1) ist der Luftbildgrundriß im schwarzgrünen, das Grenzlinienbild in tiefschwarzem Farbton auf Kunstdruckpapier gedruckt worden. Für die praktische Verwendung im Forstbetrieb empfiehlt sich der Druck auf wasser- und knickfesten Kunststoff, z. B. „Neobond" der Fa. Faserprodukte, Lahnstein.

Über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Vervielfältigungsverfahren ist in [1 S. 208] berichtet worden. Die Schärfe des photographischen Bildes und sein Kontrastumfang bleiben erhalten, wenn man vom Negativ auf dem üblichen Wege Kontaktabzüge herstellt. Schwarzweiß-Papiere sind dafür nicht geeignet, weil sich darin die schwarzen Grenzlinien nicht genügend abheben. Verwendet man dagegen Color-Papier, so kann man bei Einschaltung entsprechender Filter den Luftbildgrundriß in olivgrünem Farbton erzeugen, der dann einen vorzüglichen Kontrast zum schwarzen Grenzlinienbild ergibt. Allerdings läßt sich diese Farbkombination nur mit hohem technischen Aufwand herstellen, und, da das Color-Papier weder lichtbeständig noch wetterfest ist,

[8]) Außerdem ist zu beachten, daß im Bergland durch die Verwendung der Luftbildkarte (Orthophotokarte) bei der Bestandsaufnahme und der Vermessung Arbeitszeitersparnisse bis zu 60 bzw. 90 % erzielt werden können.

bleibt die Verwendung dieses Materials für Forstbetriebskarten auf Sonderfälle beschränkt.

Alle übrigen Vervielfältigungsverfahren haben den Nachteil, daß das Luftbild in feine Rasterpunkte zerlegt (aufgerastert) werden muß, um die Halbtöne reproduzierbar zu machen. Selbst bei Verwendung feinster Raster geht dabei stets ein Teil der ursprünglichen Bildschärfe verloren.

Die Vervielfältigung im Mehrfarbenoffsetdruckverfahren ist nur vertretbar, wenn die Auflagehöhe mindestens 100 Drucke beträgt. Dagegen bietet sich zur Herstellung von Einzelstücken das sehr einfach zu handhabende und billige Zweitonlichtpausverfahren an, bei dem der Luftbildgrundriß zugunsten des Grenzlinienbildes durch etwas längere Nachbelichtung zurückgedrängt wird. Das Flächenverzeichnis wird auf die Kartenrückseite aufgedruckt oder im xereographischen Verfahren aufkopiert. Die in ca. 15 Minuten herzustellende Kontrastlichtpause ist nicht knickfest und auch nicht sehr lichtbeständig; sie kann aber rasch durch eine neue ersetzt werden.

**5. Vereinfachungs- und Verbesserungsvorschläge**

Die Rationalisierung konventioneller Verfahren in Verbindung mit dem Einsatz neuer Entwicklungen bietet die Gelegenheit und fordert, herkömmliche Konzeptionen und Darstellungsprinzipien zu überprüfen. So ist im vorliegenden Falle, in dem Luftbild und Datenverarbeitung ein aufwendiges konservatives Arbeitsverfahren modernisieren können, zu diskutieren, wie Signaturen, Beschriftungen und damit der gesamte Duktus der Forstbetriebskarte vereinfacht und automatengerecht gestaltet werden können.

Der hier behandelte neue Typ der Betriebskarte kann zugleich Grundlage des Flächenwerkes sein und damit die Forstgrundkarte — soweit sie noch als selbständiger Teil des Forstkartenwerkes besteht — entbehrlich machen.

Inwieweit das Grenzlinienbild innerhalb der bleibenden Abteilungen durch großzügigere oder nach neuen Gesichtspunkten konzipierte Bildung von Unterabteilungen und Unterflächen vereinfacht werden kann, vermag der Verfasser als Vermessungsingenieur nicht zu entscheiden. Daß dies jedoch zur Diskussion gestellt werden kann und muß, beweist ein Vergleich zwischen der Handhabung der Waldeinteilung in den verschiedenen Bundesländern und der Blick in die neuere Literatur auf den Gebieten der Forstlichen Betriebswirtschaft und Forsteinrichtung ([5], S. 208 - 211 bzw. [6], S. 151).

Aus der Sicht der hier behandelten Herstellung der Forstbetriebskarten wäre es grundsätzlich wünschenswert, zu einer Vereinfachung des Grenzlinienbildes, insbesondere zur Verringerung nichtständiger Grenzlinien innerhalb der Abteilungen zu kommen.

Die bisherige Bezeichnung der Holzbodenflächen — Zahlen für Abteilungen, Buchstaben für Unterabteilungen und Indexzahlen zum Unterabteilungsbuchstaben für die Unterflächen — ist automatenfeindlich. Auch hier sollte überlegt werden, ob eine automationsfreundlichere, für die Bedürfnisse der Forstbetriebsführung ebensogut geeignete Kennzeichnung eingeführt werden kann. Ein besonderes Ärgernis sind in Nordrhein-Westfalen, aber auch noch in einigen anderen Bundesländern, die noch verwendeten unmotivierten deutschgeschriebenen Buchstaben zur Bezeichnung der Nichtholzbodenfläche. Sie widersprechen einem modernen, übersichtlichen Bild der Karte. Man sollte sie durch die üblichen Katasterabkürzungen ersetzen.

Auf Signaturen für Baumarten und Altersklassen sollte man möglichst verzichten, da diese ohnehin im Flächennachweis auf der Kartenrückseite aufgeschlüsselt sind. In vielen Fällen wird zudem im Luftbild die Baumart bzw. Baumartengruppe eindeutig erkennbar sein. Falls man ohne Signaturen nicht auskommt, müssen sie klar, einprägsam und automatenfreundlich gestaltet werden, wobei die Form der Baumkronen zum Symbol vereinfacht werden kann. Wenn die Angabe eines Alterstufenindex erwünscht ist, wäre zu entscheiden, ob dieser der Unterabteilungszahl oder der Baumart-Signatur beizufügen ist.

Auf jeden Fall sollte man auf die gewohnte bunte Kolorierung der Betriebskarte mit mehrfach abgestuften Flächentönen oder auf das Einkleben farbiger Einzelsymbole verzichten und sich mit einfarbigen Symbolen begnügen, die vom Automaten beherrscht werden. Das ist im Kartenbeispiel der Betriebskarte „Ebbetal" versucht worden. Hierbei ist auch auf die bislang übliche bunte Kennzeichnung der End- oder Teilnutzung eines Bestandes verzichtet worden, weil beide Nutzungen erst in der Schlußbesprechung der Forsteinrichtung endgültig festgelegt und notfalls von Hand nachgetragen werden können. Die Nutzungsmerkmale an den Nachbargrenzen sind im Luftbild leicht erkennbar, weshalb ihre bunte Darstellung entbehrlich ist.

Der Verzicht auf Symbole und Kolorierung trägt in Verbindung mit der anzustrebenden Vereinfachung der Grenzlinienbilder erheblich zur Entlastung des Kartenbildes bei und macht es langlebiger.

Beim Einsatz der Automation sollten die Forderungen nach Präzision, Quantität und Zweckmäßigkeit der Kartenproduktion vor dem Streben nach nutzloser Vollständigkeit und übertriebener Ästhetik rangieren. Ältere Forstbetriebskarten kommen zwar einem konservativen Schönheitsempfinden entgegen, haben aber oft wegen der mangelnden inneren Genauigkeit des Ausgangsmaterials nur geringen Wert.

**6. Zusammenfassung und Ausblick**

Der vorgeschlagene kombinierte zweifarbige Kartentyp ist ein erster tastender Versuch des Eindringens in das Neuland der Herstellung von Betriebskarten mit Hilfe des Luftbildes und der Datenverarbeitung. Da die Kartographie erst an der Schwelle der Automation steht, lagen für unser Vorhaben noch keine Erfahrungen vor. Das gewählte Automationssystem mußte auf die derzeitige, noch unvollkommene Geräteausrüstung und die z. Z. vorhandenen Zeichen- und Rechenprogramme abgestellt werden, die für unseren Versuch modifiziert worden sind. Dabei konnte natürlich noch nicht der höchste Grad an Wirtschaftlichkeit erzielt werden.

Unser Versuch zeigt, daß mit dem zum gegenwärtigen Zeitpunkt verfügbaren Automationssystem bereits eine weitgehende Rationalisierung der Herstellung und mit Hilfe des Luftbildes auch eine Aktualisierung des Inhalts der Betriebskarte möglich und sinnvoll ist. Unter Einbeziehung der erwähnten Neuentwicklungen ist das Verfahren bis zur technischen Perfektion ausbaufähig.

Die Vorschläge (vgl. 5) zur kartographischen Gestaltung des neuen Kartentyps bedürfen alsbald der Untersuchung und Ergänzung durch den Arbeitskreis „Forstliches Luftbild- und Kartenwesen". Bemühungen um die Transparenz des Grenzlinienbildes und die sinnvolle Formgebung von Signaturen sollten dabei im Vordergrund stehen. Wegen der hohen Herstellungskosten der Symbolscheiben für Lichtzeichneer empfiehlt sich unbedingt eine bundeseinheitliche Regelung.

Eine rasche Entscheidung über den Einsatz des neuen Kartentyps tut not. Als Folge der wachsenden Bedürfnisse für Planungen verschiedenster Art ist die Herstellung der Luftbildkarte in Nordrhein-Westfalen stark beschleunigt worden, wodurch aktuelles Bildmaterial sofort greifbar ist, das aber auch mit jedem Jahr weiter veraltet. Andererseits erfordert die Ausrüstung der Automationszentren mit Geräten und die Entwicklung eines komplexen Programms für das Automationssystem längere Zeit.

Die gesamte technische Entwicklung der Automation, die volle Ausschöpfung ihrer Möglichkeiten und die hohen Anschaffungskosten elektronischer Spezialgeräte drängen zu der Frage nach einer optimalen Organisation. Es erscheint sinnvoll, den Gesamtkomplex *jeder* Kartenherstellung in unserem Lande zentralen Rechen- und Kartierstellen zu übertragen.

**Summary**

Title of the paper: *Management mapping with true-scale air-photo maps and automated data processing in Nortrhine-Westfalia.*

1 : 5,000 air-photo maps (ortho-maps) of the ordinance survey are new tools in producing and up-dating forest management maps. Aerial base map and over-all forestry boundary map combine easily to a informative management map adapted to automated evaluation.

An example describes procedures of data extraction on area division, of data processing on areas and for automated mapping, and of reproduction. Economics and possible improvements are discussed. E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Etablissement de cartes forestières de gestion à l'aide de cartes à l'échelle obtenues par photographies aériennes et du calcul et de la cartographie automatiques, plus particulièrement en prenant en considération les conditions de la Westphalie-Nord du Rhin.*

Les cartes à l'échelle du 1/5000ème du service officiel de cartographie obtenues à partir de photographies aériennes (cartes orthophotographiques) constituent un moyen nouveau et simple pour dresser et tenir à jour les cartes forestières de gestion. En combinant les projections horizontales des photographies aériennes et un plan des limites forestières tracées assez simplement il est possible d'obtenir rapidement et à peu de frais un type de cartes de gestion riches en informations et se prêtant bien au calcul automatique.

A l'aide d'un exemple on a explicité comment étaient obtenues les données nécessaires à un projet de parcellaire, comment étaient traitées les données (cartographie et calcul des surfaces automatiques) et comment enfin les plans pouvaient être reproduits. Pour terminer sont données quelques indications sur la rentabilité du procédé et les améliorations qui pouvaient encore lui être apportées. J. M.

**Literatur**

[1] Voss, F.: Anwendungsmöglichkeiten von Luftbildkarten für die Forstwirtschaft in Nordrhein-Westfalen, Bildmessung und Luftbildwesen, 1969, Heft 5. — [2] von Laer: Forstliche Luftbildauswertungen, Forsttechnische Informationen 1968, Heft 3, S. 17. — [3] Hildebrandt, G.: Differentialentzerrung und Orthophoto. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1966, S. 152 - 158. — [4] Voss, F.: Die Herstellung von Orthophotokarten in Nordrhein-Westfalen, Nachr. a. d. öff. Vermessungsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen, 1968, Heft 1. — [5] Speidel, G.: Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Verl. Paul Parey, Hamburg u. Berlin, 1967. — [6] Hildebrandt, G.: Die Forsteinrichtung und ihr Beitrag zur rationellen Betriebsgestaltung. Schriftenreihe der Forstl. Abtlg. d. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Bd. 4, S. 142 - 155.

# Wachstum und Wasserhaushalt von Fichtenverschulpflanzen unterschiedlicher Qualität nach der Verpflanzung in das Freiland

Aus dem Waldbau-Institut der Universität Freiburg i. Br. in Verbindung mit der Arbeitsgruppe 12 der Sektion 23 der IUFRO

(Mit 3 Abbildungen, 4 graphischen Darstellungen und 4 Tabellen)

Von P. Gürth[1])

## 1 Aufgabenstellung

Aus praktischer Erfahrung und zahlreichen Auspflanzungsversuchen ist bekannt, daß die Sproßlänge und noch mehr die Stufigkeit der Forstpflanzen von großem Einfluß auf den Erfolg einer Forstkultur sind. Während bis jetzt Forstpflanzen ausschließlich nach der Sproßlänge bewertet werden, hat Schmidt-Vogt (1966/I) einen Vorschlag gemacht, wie die Stufigkeit der Forstpflanzen zukünftig in ihre Bewertung einbezogen werden kann.

Die physiologischen Eigenschaften der Forstpflanzen, insbesondere ihr Ernährungs-, Entwicklungs- und Frischezustand, sind von mindestens ebenso großer Bedeutung für den Kulturerfolg wie die morphologischen Eigenschaften. Praxisreife Bewertungsmaßstäbe für die physiologische Beschaffenheit von Forstpflanzen sind noch nicht vorhanden.

Auspflanzungsversuche mit Forstpflanzen von unterschiedlicher morphologischer und physiologischer Qualität, an denen der Verfasser beim Waldbau-Institut der Universität Freiburg mitarbeitete (Schmidt-Vogt und Gürth 1967/II, 1969) führten zu dem Bedürfnis, die Ursachen des unterschiedlichen Kulturerfolges bei den verschiedenen Versuchsorten aufzuklären.

Da in der kritischen Anwuchsphase Wurzelentwicklung und Wasserhaushalt der Forstpflanzen entscheidend für den Erfolg oder Mißerfolg einer Pflanzung sind, hatten sich unsere Untersuchungen zunächst auf diese beiden Gebiete zu beschränken.

Erschwerend wirkte sich aus, daß spezielle Untersuchungen über Wurzelentwicklung, Wasseraufnahme, Wasserabgabe und Wasserbilanz von Forstpflanzen nach der Verpflanzung in das Freiland trotz der elementaren praktischen Bedeutung der Bestandesbegründung durch Pflanzung bisher erst in relativ geringem Umfang vorliegen. Vergleichende Untersuchungen an Forstpflanzen von unterschiedlichen Eigenschaften fehlen fast völlig.

Es sei hier darauf verwiesen, daß die für unsere Untersuchungen grundlegenden Arbeiten aus der Fachliteratur in einem früheren Aufsatz in dieser Zeitschrift ausführlich dargestellt worden sind (Gürth/AFJZ 1970/H. 5 / S. 97 - 104).

Bei der hier nur nochmals zusammenfassend beschriebenen Ausgangslage mußten sich unsere Untersuchungen auf die Anwendung einfacher botanischer Feldmethoden beschränken. Es war zu hoffen, daß durch sie für die eingehende Untersuchung des Problems, z. B. mittels der gasanalytischen Methode unter kontrollierten Umweltbedingungen, wie sie in modernen Kleinklimakammern hergestellt werden, einige gangbare Wege aufgezeigt werden könnten. Als Endziel solcher Untersuchungen ist nicht nur die physiologisch-ökologische Kausalanalyse des Kulturerfolges zu betrachten, sondern danach auch die Entwicklung nicht mehr ausschließlich empirisch begründeter Bewertungsmaßstäbe für Forstpflanzen.

Der Inhalt unserer Untersuchungen läßt sich in einem Satz folgendermaßen definieren:

Es lag die Aufgabe vor, Wasseraufnahme, Wasserabgabe und Wasserbilanz von Forstpflanzen unterschiedlicher morphologischer und physiologischer Qualität in der kritischen Anwuchsphase zu untersuchen und die Ergebnisse mit ihrem Anwuchsprozent und

Herrn Professor Dr. H. Schmidt-Vogt danke ich sehr herzlich für die mir übertragene interessante Aufgabe und die stete Förderung meiner Arbeit. Den übrigen Herren Professoren, meinen Kollegen als Assistenten an den Instituten der Forstlichen Abteilung und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Waldbau-Instituts, die alle meine Untersuchungen durch Rat und Mithilfe sehr vorwärts gebracht haben, kann ich hier aus Platzmangel leider nicht einzeln danken.

[1]) Kurzfassung einer Dissertation gleichen Titels. Die Dissertation ist beim Waldbau-Institut der Universität Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17, zum Preis von DM 7,— erhältlich.

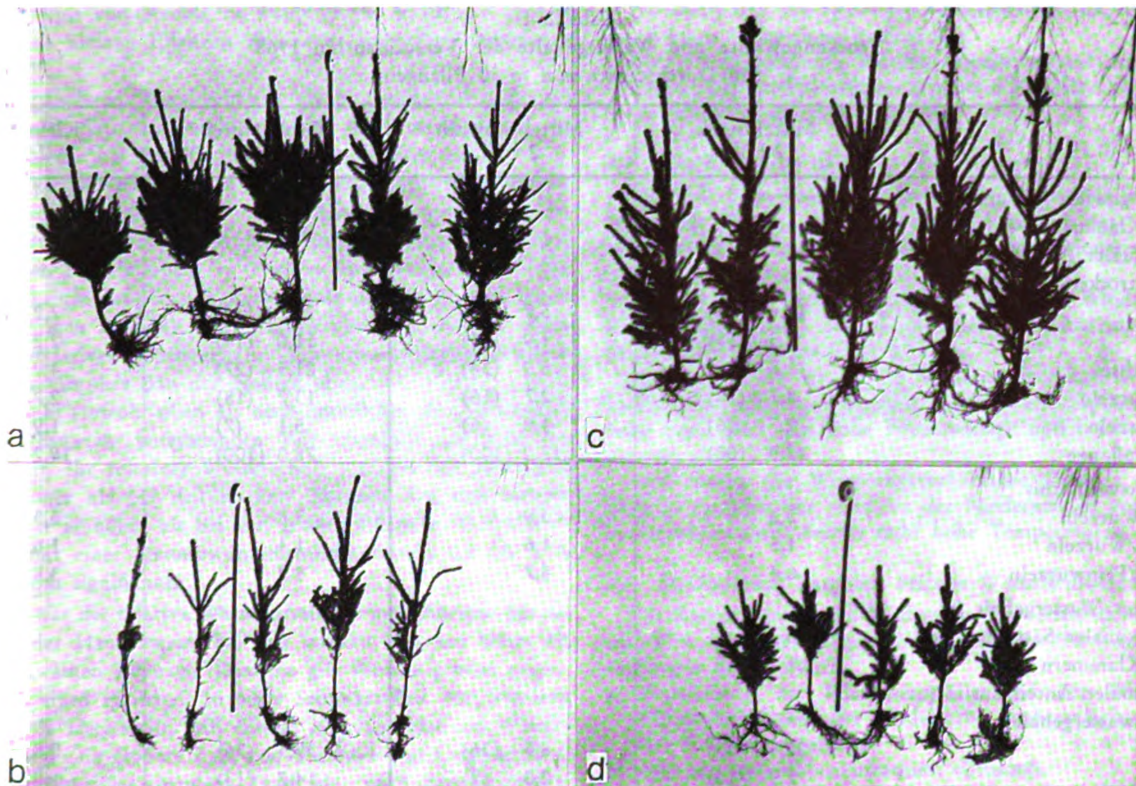



Abbildung 1
a) Versuchssorte MITTEL-STARK – 2+3j. – 1968 aus weitem Verschulverband. — b) Versuchssorte MITTEL-SCHWACH – 2+3j. – 1968 aus engem Verschulverband. — c) Versuchssorte GROSS-MITTEL – 2+2j. – 1968 aus mittlerem Verschulverband. — d) Versuchssorte KLEIN-MITTEL – 2+2j. – 1968 aus mittlerem Verschulverband.

der Entwicklung von Sproß und Wurzeln in der ersten Vegetationsperiode in Verbindung zu setzen.

## 2 Eigene Untersuchungen — Material und Methode

### 2.1 *Die Versuchssorten*

Es wurden folgende Versuchssorten verwendet:

a) Fichtenverschulpflanzen von unterschiedlicher Stufigkeit bei gleicher Sproßlänge (Abb. 1 a, b).

Um Versuchspflanzen von unterschiedlicher Stufigkeit zu erhalten, wurde 1965 ein größerer Posten 2jähriger Sämlinge aus einer Handelsbaumschule im Forstlehrgarten Günterstal des Waldbau-Instituts in zwei verschiedenen Verschulverbänden verschult:

– zur Erziehung stufiger Pflanzen im Verband 15 x 20 cm (Weitverband),
– zur Erziehung „spindeliger" Pflanzen im Verband 3 x 10 cm (Engverband).

Da die Stufigkeit von Forstpflanzen kein exakt definierter Begriff ist, wurde als Maßstab für die Stufigkeit der Versuchspflanzen die Beziehung zwischen dem Durchmesser der Sproßachse am Wurzelhals und der Sproßlänge nach der Formel von SCHMIDT-VOGT (1966/I) benutzt.

Die Formel von SCHMIDT-VOGT lautet für 3- bis 5jährige Fichtenverschulpflanzen:

| Mindestdurchmesser der Sproßachse am Wurzelhals (mm) | = | Länge der Sproßachse : 10 + 1,0 (cm) |
|---|---|---|

Unsere Versuchspflanzen aus dem weiten Verschulverband besaßen bei einer ausgesuchten Sproßlänge von 50 bis 59 cm (im Mittel 54 cm) einen durchschnittlichen Wurzelhalsdurchmesser von 10,5 (± 1,3) mm. Die Pflanzen aus dem engen Verschulverband besaßen hingegen bei derselben Längenverteilung (im Mittel 55 cm Sproßlänge) nur einen durchschnittlichen Wurzelhalsdurchmesser von 5,9 (± 1,1) mm. Sie lagen also in der Regel unter dem von SCHMIDT-VOGT angegebenen Mindestwert.

Die Bezeichnung der Versuchssorten erfolgte einheitlich nach folgendem Schema:

Sproßlänge — Sproßstärke (als Maß der Stufigkeit) — Frischezustand — Pflanzenalter — Jahr der Versuchspflanzung.

Im vorliegenden Fall lautet sie:
*mittel-stark-frisch* — 2+3j. — 1968
*mittel-schwach-frisch* — 2+3j. — 1968

Im Text wird kurz auch nur von starken und schwachen Pflanzen gesprochen.

b) Fichtenverschulpflanzen von unterschiedlicher Sproßlänge bei vergleichbarer Stufigkeit (Abb. 1 c, d).

Die Versuchspflanzen wurden nach 2jähriger Verschulung aus den Verschulquartieren einer anderen Handelsbaumschule über Sproßlänge und Sproßdurchmesser am Wurzelhals ausgelesen. Der Verschulverband war 6 x 20 cm.

Die großen Versuchspflanzen wurden zwischen 75 und 84 (im Mittel 78) cm Sproßlänge und 10,0 bis 14,9 (im Mittel 12,2) mm Wurzelhalsdurchmesser ausgesucht.

Die kleinen Versuchspflanzen maßen zwischen 35 und 44 (im Mittel 42) cm Sproßlänge und 5,0 bis 8,4 (im Mittel 7,1) mm Wurzelhalsdurchmesser.

Beide Versuchssorten waren also mit einem Durchmesser der Sproßachse am Wurzelhals = Sproßlänge : 10 + 3,0 bis 4,0 von vergleichbarer mittlerer Stufigkeit.

Die beiden Versuchssorten werden bezeichnet als:
*groß-mittel-frisch* — 2+2j. — 1966, 1967, 1968
*klein-mittel-frisch* — 2+2j. — 1966, 1967, 1968
oder auch kurz als große und kleine Pflanzen.

c) Fichtenverschulpflanzen von durch absichtliche Austrocknung vor der Pflanzung herabgesetzter Frische und gleichem morphologischen Aufbau wie b).

Versuchssorten:
*klein-mittel-ausgetrocknet* — 2+2j. — 1966 und
*groß-mitel-ausgetrocknet* — 2+2j. — 1966, 1967, 1968.

Die 4-stündige Austrocknung erfolgte 1968 in unserer selbstgebauten klimatisierten Kulturkammer. Die Wurzeln der Pflanzen wurden vorher ausgewaschen. Die Pflanzen wurden zur Austrocknung einzeln mit den Wurzeln nach oben auf einem in der Kulturkammer gespannten Draht aufgehängt.

**Tabelle 1**
**Trockengewichte und Wassergehalte der Versuchssorten 1968**
(im Durchschnitt von je 50 Pflanzen)

| | Mittel-Stark 2+3j. | Mittel-Schwach 2+3j. | Groß-Mittel 2+2j. | Klein-Mittel 2+2j. |
|---|---|---|---|---|
| 1) Trockengewicht (g) und — in Klammern — prozentualer Anteil am Gesamttrockengewicht | | | | |
| Nadeln | 17,4 (36) | 5,7 (33) | 26,7 (34) | 7,2 (40) |
| Zweige | 7,3 (15) | 1,9 (11) | 11,0 (14) | 2,2 (12) |
| Sproßachse | 11,8 (25) | 5,9 (34) | 21,5 (27) | 4,2 (23) |
| Grobwurzeln | 8,7 (18) | 2,7 (16) | 13,7 (18) | 2,7 (15) |
| Feinwurzeln | 2,7 (6) | 1,0 (6) | 5,1 (7) | 1,9 (10) |
| Gesamtpflanze | 47,9 (100) | 17,2 (100) | 78,0 (100) | 18,2 (100) |
| 2) Gewichtsverhältnis | | | | |
| Sproß/Wurzeln | 3,2 | 3,9 | 3,8 | 3,3 |
| Nadeln/Wurzeln | 1,5 | 1,6 | 1,4 | 1,6 |
| Nadeln/Feinwurzeln | 6,4 | 5,7 | 5,2 | 3,8 |
| 3) Absoluter Wassergehalt (g) bei maximaler Sättigung und — in Klammern — prozentualer Anteil am Gesamtwassergehalt | | | | |
| Nadeln | 22,4 (35) | 8,5 (36) | 39,5 (36) | 9,8 (42) |
| Zweige | 7,9 (13) | 2,0 (9) | 14,7 (13) | 1,9 (8) |
| Sproßachse | 15,2 (24) | 7,4 (32) | 28,1 (25) | 4,5 (19) |
| Grobwurzeln | 12,4 (20) | 3,5 (15) | 18,3 (16) | 3,3 (14) |
| Feinwurzeln | 5,1 (8) | 1,9 (8) | 11,5 (10) | 3,9 (17) |
| Gesamtpflanze | 63,0 (100) | 23,3 (100) | 112,1 (100) | 23,4 (100) |
| 4) Relativer Wassergehalt bei max. Sättigung — in % vom Trockengewicht | | | | |
| 1j. Nadeln oben | 125 | 144 | 121 | 125 |
| 1j. Nadeln unten | 131 | 155 | 139 | 141 |
| Sproßachse mehrj. | 115 | 110 | 114 | 112 |

1966 und 1967 erfolgte die Austrocknung hingegen, mangels einer Klimakammer, im Freien bei sonnigem, warmem Wetter. Die Pflanzen wurden einzeln in die Sonne gelegt und ebenfalls 4 Stunden exponiert. Nach 2 Stunden Austrocknung wurden die Pflanzen umgedreht.

Das Maß der Austrocknung wurde durch Wassergehaltsmessungen vor und nach der Austrocknung festgestellt.

Alle Versuchspflanzen entstammten Saatgut der Herkunft VIII/6 Schwarzwald, Höhenlage 700 - 1000 m ü. NN. Sonst ist über die genetischen Eigenschaften der Versuchspflanzen nichts bekannt.

Von jeder Versuchssorte wurde jeweils eine Partie (100 Pflanzen) für Wachstumsuntersuchungen und eine Partie (50 Pflanzen) für die Untersuchung des Wasserhaushaltes bestimmt und auf dem Versuchsgelände in mehreren Wiederholungen ausgepflanzt.

Zuvor wurden jeweils 50 Pflanzen der unter a) und b) genannten Versuchssorten im Labor auf die Trockengewichte der Gesamtpflanze und der wichtigsten Pflanzenteile und den Wassergehalt der Gesamtpflanze und der wichtigsten Pflanzenteile bei maximaler Wassersättigung untersucht.

Hierbei wurden die relativen Wassergehalte (in % vom Trockengewicht) sowohl an einzelnen Pflanzen mittels Trocknung im Trockenschrank als auch an Mischproben aus 5 bis 10 Pflanzen im BRABENDER-Schnellwasserbestimmer festgestellt (WALKENHORST 1958).

Außerdem wurde noch der Nährelementegehalt der Nadeln vor der Verpflanzung und nach Ablauf der ersten Vegetationsperiode nach der Pflanzung bestimmt. Die Ergebnisse sollen in einem späteren Aufsatz veröffentlicht werden.

Die Trockengewichtswerte und Wassergehalte bei maximaler Wassersättigung bei den einzelnen Versuchssorten sind unentbehrlich zum Verständnis und zur Beurteilung der Ergebnisse aus der Versuchspflanzung. Die wichtigsten Ergebnisse der Laboruntersuchungen im Jahre 1968 werden daher in der Tab. 1 aufgeführt.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die starken Pflanzen aus dem weiten Verschulverband wiesen analog zu ihrem größeren Wurzelhalsdurchmesser höhere Trockengewichte für die Gesamtpflanze und alle untersuchten Pflanzenteile auf als die schwachen Pflanzen aus dem engen Verschulverband. Dasselbe gilt für die großen Pflanzen gegenüber den kleinen Pflanzen von vergleichbarer Stufigkeit (siehe Ziffer 1 der Tabelle 1).

Bei den starken Pflanzen war der prozentuale Anteil der Nadeln und der Wurzeln am Trockengewicht der Pflanze höher als bei den schwachen Pflanzen. Der Anteil der Feinwurzeln war bei beiden Versuchssorten gleich. Der Anteil der Sproßachse war bei den schwachen Pflanzen höher.

Bei den kleinen Pflanzen war der prozentuale Anteil der Nadeln und der Wurzeln höher als bei den großen Pflanzen. Der Anteil der Feinwurzeln war bei den kleinen Pflanzen wesentlich höher. Dagegen war der Anteil der Sproßachse am Gesamttrockengewicht bei den großen Pflanzen höher.

Während die starken Pflanzen den schwachen und die kleinen Pflanzen den großen im Gewichtsverhältnis von Sproß zu Wurzel eindeutig überlegen waren, bestand im Verhältnis von Nadeln zu Wurzeln fast kein Unterschied zwischen den vier Versuchssorten.

Im Verhältnis von Nadeln zu Feinwurzeln waren die großen Pflanzen den kleinen Pflanzen aber stets wesentlich unterlegen (Ziffer 2).

Bei den absoluten Wassergehalten (Wassermengen in Gramm) bei maximaler Sättigung verhielten sich die Versuchssorten im wesentlichen wie bei den Trockengewichten (Ziffer 3).

Im relativen Wassergehalt (in % vom Trockengewicht) bestand bei allen vier Versuchssorten ein in 3 Fällen mit nur 0,1 % Irrtumswahrscheinlichkeit (IW) statistisch hoch gesicherter Unterschied zwischen den Nadeln oben (= Nadeln von der 1j. Sproßachse und den Zweigen des obersten Astkranzes) und den Nadeln unten (= alle übrigen Nadeln). Die Nadeln oben hatten stets einen geringeren relativen Wassergehalt. Unter dem Mikroskop ergab sich ein xeromorpher Bau der Nadeln oben.

Die Nadeln (sowohl oben als auch unten) bei den verschiedenen Versuchssorten unterschieden sich ebenfalls im relativen Wassergehalt. Ihr relativer Wassergehalt war bei den schwachen Pflanzen höher als bei den starken Pflanzen. Bei den kleinen Pflanzen war er höher als bei den großen Pflanzen. Der Unterschied ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 bis 1 % ebenfalls hoch signifikant.

Dagegen war der relative Wassergehalt der mehrjährigen Sproßachse und der Hauptwurzel bei den starken Pflanzen höher als bei den schwachen Pflanzen. Dasselbe gilt für die großen gegenüber den kleinen Pflanzen. In einer Seminararbeit von STRÜBER (1969) wurde festgestellt, daß diesem höheren relativen Wassergehalt jeweils eine größere Zahl von Tracheiden und eine größere Querschnittsfläche der einzelnen Tracheiden im äußersten Jahresring entspricht (Ziffer 4).

### 2.2 *Die Versuchsfläche*

Für die Auspflanzung der Versuchspflanzen in das Freiland zur vergleichenden Untersuchung ihres Wachstums und Wasserhaushaltes stand von 1966 bis 1968 eine Wiese im Forstbotanischen Versuchsgarten in Lehen bei Freiburg zur Verfügung.

Der Forstbotanische Versuchsgarten liegt westlich der Stadt in der Oberrheinischen Tiefebene. Seine Höhenlage ist 225 m ü. NN.

Im langjährigen Durchschnitt (1871 - 1950) betrug die mittlere Jahrestemperatur 10,1 °C, und es fielen 920 mm Niederschlag je Jahr. In der Vegetationsperiode (April bis September) herrschte eine mittlere Temperatur von 15,6 °C, und es fielen 514 mm Niederschlag[2]).

Geologisch handelt es sich um diluviale und alluviale Ablagerungen eines Flüßchens aus dem Urgesteinsschwarzwald.

Der Bodentyp[3]) ist ein Auenboden mit Untergrundvergleyung (ab 40 cm Bodentiefe).

Der Oberboden ist als frisch zu bezeichnen. Nach der Bodenart ist es ein feinsandiger bzw. sandiger Lehm.

Eine ausführliche Bodenanalyse ergab einen guten Humusanteil und einen mittleren Nährelementegehalt des Oberbodens. Der Gehalt an Stickstoff und das C : N-Verhältnis waren günstig.

Kalzium, Magnesium und Phosphor waren genügend vorhanden. Lediglich der Kaliumgehalt war mit 1,0 mg / 100 g Boden (im 1 % Zitronensäureauszug) gering.

### 2.3 *Die Auspflanzung*

Die Versuchspflanzen wurden von Hand und 1967 maschinell aus den Verschulquartieren ausgehoben und, sorgfältig gegen Austrocknung der Wurzeln geschützt, in den Forstlehrgarten Günterstal gebracht.

Bis zur Auspflanzung wurden die Versuchspflanzen in Günterstal in feuchtem Torfmull eingeschlagen. Zum Zeitpunkt der Auspflanzung hatten die Versuchspflanzen in allen drei Jahren weder neue Wurzeln gebildet noch oberirdisch zum Treiben angesetzt.

Die Pflanzung erfolgte mittels der Winkelpflanzung nach REISSINGER (1960), bei den großen Pflanzen nach dem etwas abgewandelten Verfahren (REISSINGER 1965).

Der Pflanzverband war 100 x 100 cm.

Die Pflanzung der einzelnen Versuchssorten und Wiederholungen erfolgte in zufälliger Reihenfolge.

Die Versuchspflanzen wurden jeweils einmal im Laufe des Sommers von verdämmendem Gras und Kräutern freigeschnitten. Sonst erhielten sie keinerlei Pflege.

### 2.4 *Die Witterung nach der Auspflanzung*

Für die Beurteilung der Versuchsergebnisse ist die jeweilige Witterung während und in der ersten Zeit nach der Verpflanzung von besonderem Interesse. Es wurden daher 2 Monate lang täglich mindestens 3 mal gemessen:

Niederschläge, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Evaporation, Beleuchtungsstärke, Bodentemperatur und Bodenfeuchte in 15 cm Tiefe[4]).

1966 und 1968 waren die Witterungsverhältnisse der ersten vier Wochen nach der Pflanzung für die Versuchspflanzen günstig: hohe bzw. 1968 sehr hohe Niederschläge und i. a. mäßige Temperaturen.

1967 waren die Witterungsverhältnisse dagegen extrem ungünstig: es fielen nur rund $^1/_7$ der Niederschläge von 1968, und es herrschten meist bereits recht hohe Temperaturen.

### 2.5 *Methodisches Vorgehen bei den Wachstumsuntersuchungen*

Zur Kennzeichnung des Wachstums der verschiedenen Versuchssorten in der ersten Vegetationsperiode wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

a) Feststellung der Pflanzenausfälle und der Pflanzen ohne Höhentrieb sowie der Nadelfarbe, mehrmals bis zum Ende der Vegetationsperiode.
b) Messung des Höhenzuwachses, ebensooft.
c) Messung des Durchmesserzuwachses am Wurzelhals, ebensooft.
d) Ermittlung des Zuwachses an Trockensubstanz — direkt (neue Triebe) und indirekt durch Vergleich mit den vor der Auspflanzung ermittelten Trockengewichten (übrige Pflanzenteile) am Ende der Vegetationsperiode.
e) Beobachtung des Austreibens. Es wurde von jeder Pflanze das Datum notiert, an dem sich die ersten Seitenknospen öffneten.
f) Zählung der neuen Wurzeltriebe an mehreren Terminen im Frühjahr, und zwar sowohl an ausgehobenen Probepflanzen als auch in Wurzelbeobachtungskästen.
g) Das Längenwachstum der Wurzeln wurde in 5 Wurzelbeobachtungskästen, die Revierförster JUNGCLAUS konstruiert hatte, alle 2 Tage gemessen. Die Wurzelbeobachtungskästen wurden mit einer käuflichen Torfkompostmischung mit Volldüngerzusatz gefüllt. Das Substrat wurde optimal feucht gehalten (Abb. 2).

### 2.6 *Methodisches Vorgehen bei den Untersuchungen über den Wasser-Haushalt in der kritischen Anwuchsphase*

a) Untersuchung der Wasseraufnahme durch die Wurzeln

Um festzustellen, ob und wann die Wurzeln nach der Verpflanzung wieder Wasser aufnahmen, wurde bei jeweils fünf Versuchspflanzen an mehreren Terminen ein in Wasser gelöstes Testsalz an die Wurzeln gebracht. Das Testsalz wurde aus der Nadelasche mit dem Spektralphotometer (ZEISS PMQ 2) nachgewiesen. Als Testsalz wurde nach einem Vorschlag von HESMER (1955) Lithiumnitrat, $LiNO_3$, benutzt, und zwar je Pflanze 0,5 l einer 0,5 molaren Lösung. Unbehandelte Kontrollpflanzen und der Boden enthielten praktisch kein Lithium.

b) Bestimmung der Wasserabgabe durch Transpiration

1966 und 1967 wurde die Transpiration abgeschnittener 1j. benadelter Zweige nach der Schnellwägemethode von STOCKER

---

[2]) Alle Klimaangaben für die gut vergleichbare Station Freiburg-Elsässerstraße nach Mitteilung des Deutschen Wetterdienstes, Wetteramt Freiburg i. Br.

[3]) Die Angaben über den Boden verdanke ich dem Bodenkundlichen Institut der Universität Freiburg.

[4]) Bodentemperatur- und Bodenfeuchtemessung dienten gleichzeitig für eine vergleichende Untersuchung der ökologischen Verhältnisse bei Winkel- und Lochpflanzung. Auch hierüber soll in einem eigenen Aufsatz berichtet werden.

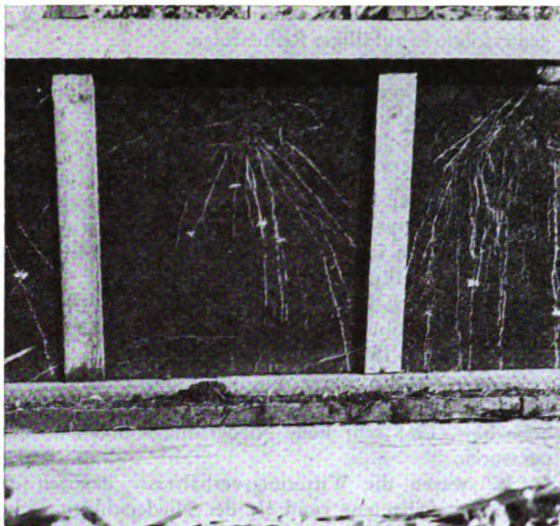


Abbildung 2
Wurzelbeobachtungskasten geöffnet. Man erkennt die hervorragende Wurzelentwicklung in dem verwendeten Torfkompostsubstrat. Mehrere Wurzelspitzen sind zur Messung des Längenwachstums der Wurzeln markiert.



Abbildung 3
Zur Bestimmung der Gesamttranspiration eingetopfte Pflanze. Im Bild erkennt man die Abdichtung der Bindestelle mit Terostat.

(1929/I) ermittelt. Insgesamt wurden in jedem Jahr 126 Einzelmessungen durchgeführt. Es wurde jeweils ein Zweig aus dem oberen Teil der Pflanze und unmittelbar darauf ein Zweig aus dem unteren Bereich derselben Pflanze benutzt.

Die Methode ist eingehend dargestellt bei BARNER (1965) und STEUBING (1965).

Für den Vergleich der Versuchssorten erwies sich das Verfahren als nicht geeignet. Deshalb wurde 1967 und 1968 die Transpiration von 5 eingetopften Probepflanzen je Versuchssorte durch Wiegen am Morgen und Abend bestimmt. Die Töpfe wurden mit demselben Substrat gefüllt wie die Wurzelbeobachtungskästen und optimal feucht gehalten. Um die Bodenverdunstung zurückzuhalten, wurden die Töpfe in Plastikbeutel eingehüllt und die Bindestelle am Wurzelhals der Probepflanzen mit einer dauerelastischen Abdichtungsmasse abgedichtet. Mittels eines durch die Abdichtung geführten Plastikröhrchens konnte der Topf gegossen werden.

An Kontrolltöpfen ohne Pflanzen wurde der Fehler durch mangelnde Zurückhaltung der Bodenverdunstung zu i. D. 10 % der gemessenen Gesamttranspiration bestimmt.

Für die Transpirationsmessungen wurden möglichst nur Strahlungstage mit vergleichbaren Witterungsverhältnissen benutzt.

c) Feststellung der aktuellen Wassergehalte und der zugehörigen Wassersättigungsdefizite

Die aktuellen Wassergehalte der wichtigsten Pflanzenteile wurden sowohl an Einzelpflanzen mittels Trocknung im Trockenschrank als auch an Mischproben von 5 - 15 Pflanzen im BRABENDER-Schnellwasserbestimmer ermittelt. Die Untersuchungen erfolgten stets zur gleichen Tageszeit und in zufälliger Reihenfolge.

Um die einzelnen Pflanzenteile und Versuchssorten, die sich ja bereits bei maximaler Wassersättigung in ihren relativen Wassergehalten unterschieden, miteinander vergleichen zu können, wurden die aktuellen Wassergehalte nach der Formel von STOCKER (1929/II) in die zugehörigen aktuellen Wassersättigungsdefizite umgerechnet:

$$\text{WSD aktuell} = \frac{\text{WG max} - \text{WG aktuell}}{\text{WG max}} \times 100\,\%$$

Als maximale Wassergehalte wurden die vor der Auspflanzung im Labor bestimmten Werte benutzt. Das ist natürlich nur solange zulässig, als keine Zunahme der Trockensubstanz der Nadeln erfolgt. Als Maß für die Beanspruchung des Wasserhaushaltes durch die Pflanzung wurde das durchschnittliche Wassersättigungsdefizit (d WSD) von allen Meßterminen bis 4 Wochen nach der Pflanzung zusammen benutzt.

Alle Ergebnisse wurden wie bei den Laboruntersuchungen mathematisch-statistisch mit Hilfe des t-Testes abgesichert.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 *Das Wachstum in der ersten Vegetationsperiode*

#### 3.11 Pflanzenausfälle und durchschnittliche Zuwüchse in der ersten Vegetationsperiode

Die zahlenmäßigen Ergebnisse der drei Versuchspflanzungen sind in Tab. 2 dargestellt.

Entsprechend den ungünstigen Witterungsbedingungen nach der Verpflanzung gab es 1967 hohe Ausfälle an frischen Pflanzen und einen totalen Ausfall der absichtlich ausgetrockneten Pflanzen. Die großen Pflanzen waren von den Ausfällen stärker betroffen als die kleinen Pflanzen. In den beiden übrigen Jahren lagen die Ausfälle bei den frischen Pflanzen unter 5 %, bei den absichtlich ausgetrockneten Pflanzen dagegen bei 33 und 39 %. Die Zahl der Pflanzen ohne Höhentrieb war bei den ausgetrockneten stets höher als bei den frischen und bei den großen stets höher als bei den kleinen Pflanzen. — Höhen- und Durchmesserzuwachs in der ersten Vegetationsperiode waren bei den starken Pflanzen aus weitem Verschulverband höher als bei den schwachen Pflanzen von gleicher Sproßlänge aus engem Verschulverband. Dieses Ergebnis ist mit 0,1 % Irrtumswahrscheinlichkeit hoch signifikant.

Der relative Höhen- und Durchmesserzuwachs (in % der Ausgangswerte) war bei den kleinen Pflanzen stets höher als bei den großen Pflanzen von vergleichbarer Stärke der Sproßachse. 1967 waren die großen Pflanzen im Höhen- und Durchmesserzuwachs den kleinen Pflanzen auch absolut unterlegen. Die statistische Absicherung ist hierfür ebensogut wie bei den starken und schwachen Pflanzen.

Die ausgetrockneten Pflanzen fielen in den Zuwachswerten weit hinter die entsprechenden frischen Pflanzen zurück.

Beim Zuwachs an Trockensubstanz führten absolut gesehen die starken und die großen, relativ gesehen aber die schwachen und kleinen Pflanzen. Die ausgetrockneten waren den frischen Pflanzen auch hier stark unterlegen. Auffällig war ein erheblicher Verlust an alten Nadeln bei allen Versuchssorten, der auf ein Schütten alter Nadeln in der kritischen Anwuchsphase zurückzuführen ist.

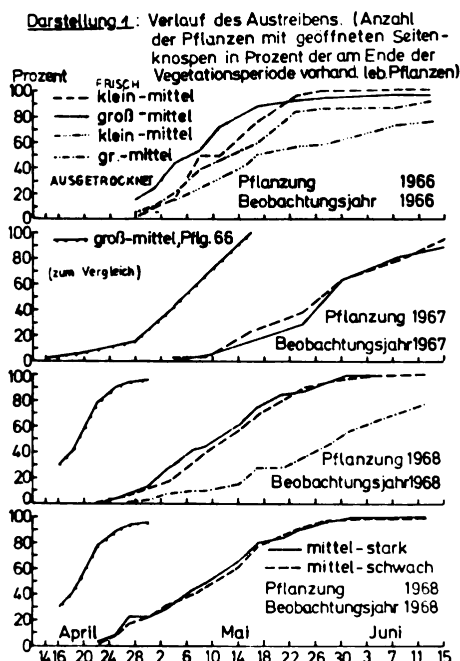
Tabelle 2

**Pflanzenausfälle und durchschnittliche Zuwüchse an Höhe, Durchmesser und Trockensubstanz in der ersten Vegetationsperiode (je 50 oder 100 Pflanzen)**

| | Mittel-Stark 2+3j. | Mittel-Schwach 2+3j. | Groß-Mittel 2+2j. Frisch | | | Klein-Mittel 2+2j. Frisch | | | Groß-Mittel 2+2j. Ausgetrocknet | | | Kl.-M. 2+2j. Ausgetr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1968 | 1968 | 1966 | 1967 | 1968 | 1966 | 1967 | 1968 | 1966 | 1967 | 1968 | 1966 |
| 1) Pflanzenausfälle in % | 1 | 0 | 0 | 70 | 1 | 5 | 39 | 1 | 15 | 97 | 39 | 18 |
| 2) Höhenzuwachs (cm) | 7,4 | 4,9 | 6,3 | 3,6 | 5,8 | 6,3 | 5,6 | 6,2 | 5,4 | 0 | 3,0 | 5,3 |
| 3) Pflanzen ohne Höhentrieb | 1 | 3 | 7 | 27 | 2 | 0 | 18 | 1 | 6 | 3 | 15 | 2 |
| 4) Durchmesserzuwachs am Wurzelhals (mm) | 1,7 | 1,0 | 1,8 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | 0 | 0,8 | 0,9 |
| 5) Zuwachs an Trockensubstanz insgesamt (g) | 16,0 | 6,3 | n. b.*) | 8,0 | 15,9 | n. b. | — 0,6 | 5,9 | n. b. | n. b. | 10,5 | n. b. |
| Zuwachs an Trockensubstanz in % des Trockengewichtes vor der Auspflanzung | 35 | 51 | n. b. | 13 | 22 | n. b. | — 4 | 32 | n. b. | n. b. | 15 | n. b. |
| Zuwachs an neuen Trieben in % des TG der ben. Zweige vor der Pflanzung | 43 | 52 | n. b. | 20 | 34 | n. b. | 19 | 32 | n. b. | n. b. | 21 | n. b. |
| Verlust an alten Nadeln in % des TG der Nadeln vor der Pflanzung | 40 | 19 | n. b. | 43 | 37 | n. b. | 50 | 16 | n. b. | n. b. | 48 | n. b. |
| Zuwachs an Wurzeln in % des TG vor der Pflanzung | 39 | 88 | n. b. | 32 | 32 | n. b. | 9 | 44 | n. b. | n. b. | 21 | n. b. |
| Zuwachs an Feinwurzeln in % des TG vor der Pflanzung | 30 | 60 | n. b. | — 12 | — 10 | n. b. | 0 | 16 | n. b. | n. b. | — 20 | n. b. |

*) n. b. = nicht bestimmt

Bei allen Versuchssorten ergibt sich ein stärkerer relativer Zuwachs der Wurzeln als der Gesamtpflanze in der ersten Vegetationsperiode.




Darstellung 1

Verlauf des Austreibens (Anzahl der Pflanzen mit geöffneten Seitenknospen in Prozent der am Ende der Vegetationsperiode vorhandenen lebenden Pflanzen).

Über die Nadelverfärbung nach der Verpflanzung und den Aussagewert der Rückfärbung für den Kulturerfolg wird in anderem Zusammenhang berichtet werden.

3.12 Das Austreiben der Seitenknospen

In Darstellung 1 ist die Zahl der Pflanzen bei den einzelnen Versuchssorten aufgetragen, welche die Seitenknospen an den einzelnen Beobachtungsterminen geöffnet hatten, und zwar in % der am Ende der Vegetationsperiode vorhandenen lebenden Pflanzen. Zum Vergleich wurden die 1966 ausgepflanzten und im Versuchsfeld stehen gebliebenen großen Pflanzen in die Beobachtungen der Jahre 1967 und 1968 einbezogen. Aus der Darstellung läßt sich folgendes erkennen:

Die Verpflanzung führte in jedem Falle zu einem späteren Beginn und einer längeren Dauer des Austreibens der Seitenknospen als bei den bereits 1966 verpflanzten Fichten. Die Verzögerung des Austreibens war am stärksten (bei einzelnen Pflanzen bis in den Hochsommer) unter den ungünstigen Witterungsverhältnissen 1967 (siehe oben) und bei den ausgetrockneten Pflanzen.

Zwischen starken und schwachen Pflanzen gab es keine Unterschiede im Austreiben.

Unter günstigen Witterungsverhältnissen (1966, 1968) schienen die großen Pflanzen den kleinen etwas im Austreiben vorauszueilen; unter den ungünstigen Witterungsbedingungen von 1967 und bei den ausgetrockneten Pflanzen war es umgekehrt.

Der Vergleich von Austriebstermin und Höhenzuwachs der einzelnen Pflanzen zeigte, daß sich der Ablauf des Höhenwachstums parallel zum Knospenaustrieb verzögerte. Bald nach der Verpflanzung treibende Pflanzen besaßen einen etwas größeren Höhenzuwachs als die später treibenden.

**Tabelle 3**
**Wurzelentwicklung der Versuchssorten**

| | Mittel-Stark 2+3j. 1968 | Mittel-Schwach 2+3j. 1968 | Groß-Mittel 2+2j. Frisch 1966 | 1967 | 1968 | Klein-Mittel 2+2j. Frisch 1966 | 1967 | 1968 | Groß-Mittel 2+2j. Ausgetrocknet 1966 | 1967 | 1968 | K.-M. 2+2j. Ausgetr. 1966 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) Durchschnittlicher Beginn der Wurzelentwicklung im Freiland | 23. 4. | 23. 4. | 22. 4. | 28. 5. | 26. 4. | 22. 4. | n. b. | 23. 4. | 12. 5. | n. b. | 16. 5. | 28. 4. |
| Zum Vergleich: Durchschnittlicher Beginn des Austreibens der Seitenknospen (s. Darst. 1) | 23. 4. | 23. 4. | 22. 4. | 4. 5. | 24. 4. | 22. 4. | 4. 5. | 23. 4. | 28. 4. | n. b. | 26. 4. | 28. 4. |
| 2) Durchschnittliche Zahl neuer Wurzeltriebe je Probepflanze innerhalb der ersten 8 Wochen nach der Pflanzung | 10,8 | 4,0 | 10,2 | n. b. | 5,2 | 7,8 | n. b. | 8,4 | 2,2 | n. b. | 0,4 | 4,4 |
| 3) Durchschnittliches tägliches Längenwachstum der neuen Wurzeln im Wurzelbeobachtungskasten bis 10 Wochen nach der Pflanzung (in mm) | 2,6 | 2,6 | n. b.*) | n. b. | 3,6 | n. b. | n. b. | 2,3 | n. b. | n. b. | 0 | n. b. |

*) n. b. = nicht bestimmt

3.13 Die Wurzelentwicklung nach der Verpflanzung

In der Tabelle 3 sind die Angaben über die Wurzelentwicklung nach der Verpflanzung gesammelt.

Zunächst zum Beginn des Wurzeltreibens (Ziffer 1). Auch hier wurde 1967 und 1968 der Vergleich mit den bereits 1966 verpflanzten Fichten gemacht.

Die Verpflanzung führte auch zu einer Verzögerung bei der Bildung neuer Wurzeltriebe im Vergleich mit den bereits 1966 verpflanzten Fichten. Bei den bereits 1966 verpflanzten Fichten lag der Beginn der Wurzelentwicklung 1967 und 1968 etwa 3 Wochen vor dem Knospenaustrieb. Während unter günstigen Witterungsverhältnissen (1966, 1968) der Beginn der Bildung neuer Wurzeltriebe bei den neu verpflanzten Fichten zeitlich etwa mit dem Beginn des oberirdischen Austreibens zusammenfiel, begann die unterirdische Entwicklung bei den ungünstigen Witterungsverhältnissen 1967 und bei den ausgetrockneten Pflanzen erst bis zu 24 Tage nach der oberirdischen Entwicklung.

In der Zahl der neugebildeten Wurzeltriebe waren die frischen Pflanzen den ausgetrockneten und die kleinen Pflanzen den großen stets erheblich überlegen. Die starken Pflanzen waren den schwachen zwar absolut, aber nicht unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Feinwurzelgewichtes der beiden Versuchssorten, überlegen (Ziffer 2).

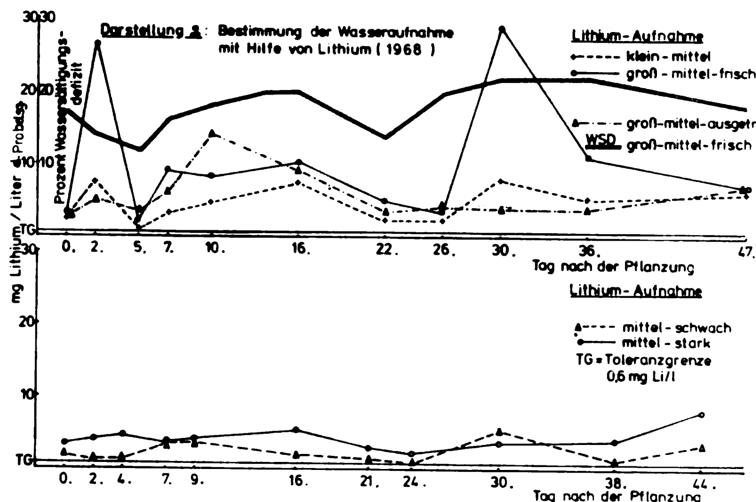
Im Längenwachstum der neuen Wurzeltriebe führten hingegen die großen Pflanzen vor den kleinen. Zwischen starken und schwachen Pflanzen bestand kein Unterschied. Bei den ausgetrockneten Pflanzen waren gar keine Messungen möglich (Ziffer 3).

Mit den Knospen früh austreibende Probepflanzen waren schließlich stets durch höhere Wurzelgewichte und eine größere Zahl neuer Wurzeltriebe gekennzeichnet.

3.2 *Der Wasserhaushalt in der kritischen Anwuchsphase*

3.21 Die Wasseraufnahme durch die Wurzeln

In Darst. 2 sind die Lithiummengen — in mg/l Aschenlösung —, welche 1968 i. D. von 2 Parallelproben 24 Stunden nach den einzelnen Behandlungsterminen in der Nadelasche gefunden wurden, aufgetragen. Die Werte für die verschieden großen und stufigen Pflanzen wurden durch Bezug auf einheitliche Nadelmassen vergleichbar gemacht. Gleichzeitig wurden die aktuellen Wassersättigungsdefizite für die Versuchssorte Groß-mittel-frisch aufgetragen.




Darstellung 2
Bestimmung der Wasseraufnahme mit Hilfe von Lithium (1968).

Das Ergebnis der Untersuchungen über die Wasseraufnahme nach der Verpflanzung war kurzgefaßt folgendes (wobei wegen der Problematik der quantitativen Auswertung auf die Originalarbeit verwiesen werden muß):

Eine Wasseraufnahme durch die frischen Pflanzen konnte bereits in den ersten Stunden nach der Verpflanzung (= 0. Tag) und durch die ausgetrockneten Pflanzen innerhalb eines Tages festgestellt werden. Als Perioden mit hoher Wasseraufnahme traten, besonders bei den großen frischen Pflanzen, der 2. bis 5. und der 30. bis 36. Tag nach der Verpflanzung hervor, in geringerem Umfang auch der 7. bis 16. Tag nach der Pflanzung.

Aus der Bestimmung der Wasseraufnahme über die Lithiumgehalte der Nadeln im Vergleich mit der Kurve der Wassersättigungsdefizite bei den großen frischen Pflanzen ergibt sich, daß diese Perioden hoher Wasseraufnahme mit den hohen Wassersättigungsdefiziten unmittelbar nach der Verpflanzung, zwischen dem 7. und 16. Tag und beim Knospenaustrieb (30. bis 36. Tag nach der Verpflanzung) zusammenfallen. Auffällig ist der wesentlich ausgeglichenere Verlauf der Wasseraufnahme-Kurven bei den drei anderen frischen Versuchssorten. Absolut scheinen die starken und großen Pflanzen, im Verhältnis zu den Wurzelgewichten die schwachen und kleinen Pflanzen in der Wasseraufnahme überlegen gewesen zu sein.

Die Wasseraufnahme der ausgetrockneten Pflanzen erscheint nur um den 10. Tag nach der Verpflanzung besonders hoch. Sie war sonst stets geringer als die der frischen Pflanzen und fiel mit zunehmender Zeit nach der Verpflanzung immer stärker zurück.

### 3.22 Die Wasserabgabe durch Transpiration

Die Transpirationsmessungen an abgeschnittenen Zweigen nach der Schnellwägemethode von Stocker hatten, mit unter 10 % IW gesichert, höhere Transpirationsraten bei den Nadeln unten gegenüber den Nadeln oben aller Versuchssorten zum Ergebnis.

a) Zweigtranspiration nach der Schnellwägemethode

| | Wasserabgabe in mg/g Trockengewicht u. Minute | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nadeln oben i. D. | 1966 | 3,6 | 1967 | 1,0 |
| Nadeln unten i. D. | 1966 | 4,8 | 1967 | 2,0 |

Die 1966 ermittelten Werte liegen vermutlich infolge der Benutzung einer weniger geeigneten Waage zu hoch. 1967 wurde dann eine Torsionswaage der Firma Sauter mit Windschutzkasten (Genauigkeit: 0,5 mg) benutzt.

Zum Vergleich der verschiedenen Versuchssorten eignete sich die Methode nicht, da im Frühjahr die für die hohe Zahl von Vergleichsmessungen nötige Stabilität der Witterung nur selten gegeben ist.

Dagegen gestatten die Tagesmessungen der Transpiration an den eingetopften Pflanzen einige Aussagen, die 1968 mit 0,1 % IW hoch gesichert sind.

Absolut gesehen, das heißt in g Wasserabgabe je Stunde (Darst. 3), führten natürlich die starken und die großen Pflanzen eindeutig vor den schwachen und den kleinen Pflanzen.

Die Transpirationsleistung je g Nadeltrockengewicht und Minute war jedoch bei den schwachen Pflanzen ein wenig höher als bei den starken Pflanzen und bei den kleinen Pflanzen wesentlich höher als bei den großen Pflanzen. Die Transpirationsleistung der ausgetrockneten Pflanzen war stets geringer als die der frischen Pflanzen.

b) Transpiration ganzer Pflanzen in Gefäßen über den ganzen Tag hinweg (in mg/g Trockengewicht und Minute)

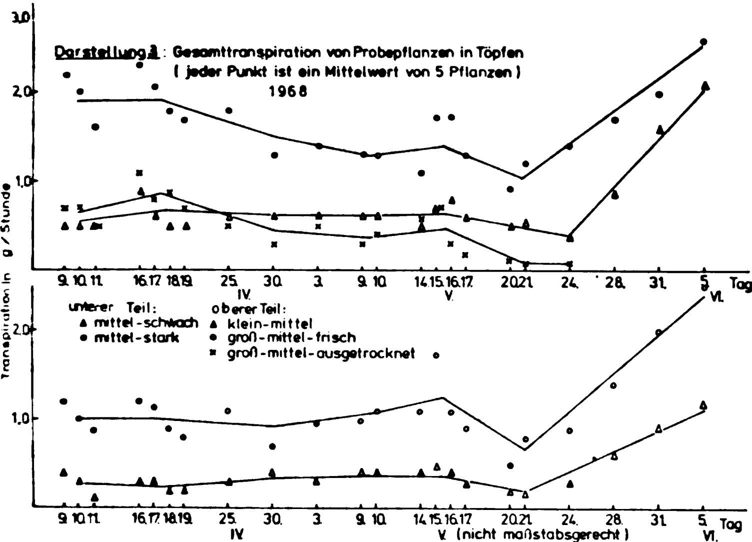
| Versuchssorte | | 1967 | 1968 |
|---|---|---|---|
| Mittel-Stark | 2+3j. | n. b. | 1,1 |
| Mittel-Schwach | 2+3j. | n. b. | 1,2 |
| Klein-Mittel | 2+2j. | 2,7 | 1,6 |
| Groß-Mittel Frisch | 2+2j. | 0,8 | 1,1 |
| Groß-Mittel Ausgetrocknet | 2+2j. | 0,6 | 0,3 |

Der Verlauf der mit dieser recht primitiven Methode gewonnenen Transpirationskurve für die Anwuchsperiode (Darst. 3) sagt verhältnismäßig wenig aus.

Bei den großen Pflanzen erkennt man immerhin eine laufende Abnahme der Meßergebnisse für die Tagestranspiration (9. April bis 20. Mai). Bei den drei übrigen frischen Versuchssorten fällt der ausgeglichenere Verlauf der Kurven auf. Das entspricht dem bei der Untersuchung der Wasseraufnahme Gesagten.

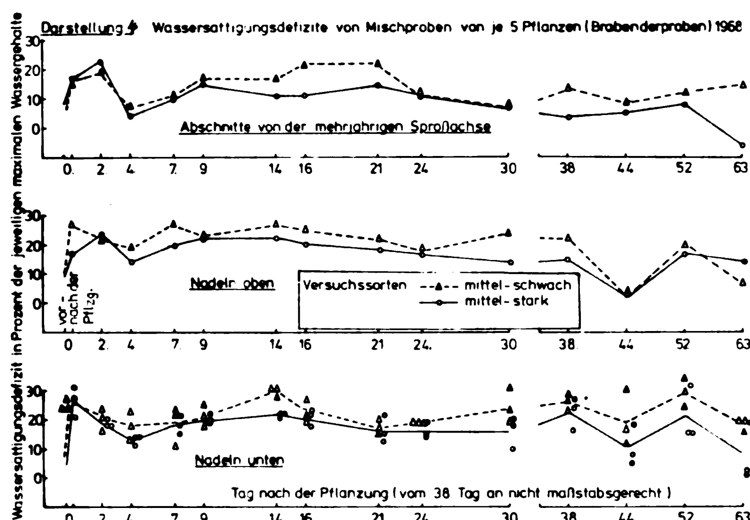
Bei den frischen Pflanzen zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Transpiration erst mit der Streckung der neuen Triebe. Diesem Anstieg geht eine nicht witterungsbedingte Depression voraus.

Die Transpiration der ausgetrockneten Pflanzen nimmt vom 16. April an laufend ab, um mit dem 24. Mai endgültig aufzuhören. Sie war damit, ähnlich der Wasseraufnahme, bei einigen ausgetrockneten Pflanzen bis fast 6 Wochen nach der Schädigung feststellbar.




Darstellung 3

Gesamttranspiration von Probepflanzen in Töpfen (jeder Punkt ist ein Mittelwert von 5 Pflanzen) 1968.




Darstellung 4
Wassersättigungsdefizite von Mischproben von je 5 Pflanzen (Brabenderproben) 1968.

3.23 Aktuelle Wassergehalte, aktuelle und durchschnittliche Wassersättigungsdefizite

Darstellung 4 ist ein Beispiel für die Entwicklung der aktuellen Wassersättigungsdefizite nach der Verpflanzung in den wichtigsten Pflanzenteilen bei zwei Versuchssorten aus dem Jahre 1968.

Die Darstellung zeigt zunächst deutlich den ruckhaften Anstieg des Wassersättigungsdefizits nach der Verpflanzung. Bei den hier nicht dargestellten ausgetrockneten Pflanzen entfällt dieser Anstieg; er wird durch die Austrocknung gewissermaßen vorweggenommen.

Diesem Anstieg folgt zwischen dem 2. und dem 4. Tag nach der Verpflanzung eine ausgeprägte Stabilisierungsphase mit Wassersättigungsdefiziten, die im Einzelfall nicht höher liegen als vor der Verpflanzung.

Danach folgt eine zweite, verschieden stark ausgeprägte, aber meist schwerste Krisenphase zwischen dem 7. und 16. Tag nach der Verpflanzung, die wiederum von einer Stabilisierungsphase abgelöst wird. Diese kann endgültig sein, sie kann aber auch bei dem etwa vom 30. Tag nach der Verpflanzung an beginnenden Knospenaustrieb von einer dritten Krisenphase abgelöst werden. Das war besonders auffällig bei den ausgetrockneten Pflanzen, soweit sie noch austrieben.

Sehr bemerkenswert ist nun, daß dieser Kurvenverlauf nicht nur bei den verschiedenen Pflanzenteilen und Versuchssorten, sondern auch unter den ganz verschiedenartigen Witterungsbedingungen aller drei Versuchsjahre erkennbar bleibt (siehe auch Darst. 2 für die Versuchssorte Groß-mittel-frisch — 2+2j. — 1968).

Zum Vergleich der verschiedenen Pflanzenteile und Versuchssorten wurde außer den Kurven der aktuellen Wassersättigungsdefizite das durchschnittliche Wassersättigungsdefizit in den ersten vier Wochen nach der Verpflanzung benutzt (siehe Tabelle 4).

Hier wird die günstigere Wasserbilanz der starken gegenüber den schwachen Pflanzen, die bereits aus der Darstellung 4 ersichtlich ist, nochmals deutlich und kann bei den Nadeln unten mit 1 % IW hoch gesichert werden.

Auch die Unterschiede in der Wasserbilanz der einzelnen Pflanzenteile bei derselben Versuchssorte sind aus der Tabelle, im Gegensatz zur Kurvendarstellung, klar erkennbar.

Zusammenfassend läßt sich folgendes über die Wasserbilanz nach der Verpflanzung aussagen:

Unter günstigen Witterungsbedingungen und bei den frischen Pflanzen war das durchschnittliche Wassersättigungsdefizit (d. WSD) der Nadeln oben geringer als das der Nadeln unten. Unter ungünstigen Anwuchsbedingungen war es umgekehrt. Unter günstigen Bedingungen war weiter das d. WSD der Sproßachse geringer als das der Nadeln. Unter ungünstigen Bedingungen war das d. WSD der Sproßachse dem der Nadeln gleich, woraus die Reservefunktion des Wassers in der Sproßachse hervorgeht.

Die Nadeln und in der Regel auch die übrigen Pflanzenteile besaßen bei den starken Pflanzen geringere d. WSD als bei den schwachen Pflanzen von gleicher Sproßlänge. Die großen Pflanzen verhielten sich in ihren d. WSD unter günstigen Anwuchsbedingungen besser, unter ungünstigen Anwuchsbedingungen hingegen gleich oder schlechter als die kleinen Pflanzen von vergleichbarer Stärke der Sproßachse. Schließlich zeigten sich beim Vergleich von frischen und absichtlich ausgetrockneten Pflanzen von gleichem morphologischen Bau die Folgen der Austrocknung in Form wesentlich höherer d. WSD.

## 4 Diskussion der Ergebnisse

### *4.1 Die kritische Anwuchsphase*

Die Verpflanzung in das Freiland führte auch unter günstigen Bedingungen (kühl-feuchte Witterung, frische Pflanzen) zu einer deutlichen Verzögerung der *Wurzelentwicklung* und des *Knospenaustriebs* (ebenso Mullin 1963). Unter ungünstigen Bedingungen (warm-trockene Witterung, absichtlich ausgetrocknete Pflanzen) trieb ein Teil der Versuchspflanzen sogar erst im Hochsommer aus, um dann in dieser Entwicklungsphase zu vertrocknen (S. Watanabe 1958, Oksbjerg 1961, Hermann 1967).

Lyr, Polster u. Fiedler (1967, S. 331) sprechen von einer „gewissen Unabhängigkeit" der beiden Prozesse und einer größeren Empfindlichkeit des Wurzelwachstums. Dementsprechend fanden wir eine stärkere Verzögerung der Wurzelentwicklung als des Knospenaustriebs bei ungünstiger Witterung und ausgetrockneten Pflanzen (ebenso: S. Watanabe 1958). Das Verhältnis des Beginns von unter- zu oberirdischer Entwicklung erwies sich als sehr charakteristisch für den Kulturerfolg (ebenso Mullin 1963).

Die gestörte Wurzelentwicklung läßt sich sowohl über die Einschränkung der Assimilation durch Spaltenschluß bei hohen Wassersättigungsdefiziten und die ungenügende Mobilisation von Reservestoffen (Keller 1966) als auch, besonders natürlich bei den ausgetrockneten Pflanzen, direkt durch das Absterben der Wurzelvegetationskegel erklären (Parker 1956, Mullin 1963, Tarrant 1964, Sutton 1967/I u. II). Welche der genannten Ursachen in der Regel zutrifft, bedarf näherer Untersuchung.

Tabelle 4

**Durchschnittliche Wassersättigungsdefizite in % der maximalen Wassersättigung (Laborwerte vor der Auspflanzung) in den ersten 4 Wochen nach der Verpflanzung**

| | Mittel-Stark 2+3j. | Mittel-Schwach 2+3j. | Groß-Mittel 2+2j. Frisch | Klein-Mittel 2+2j. Frisch | Groß-Mittel 2+2j. Aus-getrocknet | Klein-Mittel 2+2j. Aus-getrocknet |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1968 | | | | | | |
| Nadeln oben (1j.) | 19 | 23 | 17 | 20 | 25 | — |
| Nadeln unten (1- u. mehrj.) | 19 | 22 | 18 | 21 | 27 | — |
| Sproßachse (mehrj.) | 12 | 15 | 14 | 15 | 23 | — |
| 1967 | | | | | | |
| Nadeln oben (1j.) | — | — | 32 | n. b.*) | 42 | — |
| Nadeln unten (1- u. mehrj.) | — | — | 28 | 30 | 43 | — |
| Sproßachse (mehrj.) | — | — | 30 | 32 | 42 | — |
| 1966 | | | | | | |
| ben. Zweige oben (nur große Pflanzen) (1j.) | — | — | 11 | — | 17 | — |
| ben. Zweige unten (nur kleine Pflanzen) (1- u. mehrj.) | — | — | — | 12 | — | 13 |
| Sproßachse (mehrj.) | — | — | 13 | 16 | 20 | 17 |

*) n. b. = nicht bestimmt

Bei den frischen Pflanzen, besonders deutlich bei den großen Versuchspflanzen, wurde eine hohe *Wasseraufnahme* stets in oder unmittelbar nach den „Krisenphasen" mit steigenden Wassersättigungsdefiziten festgestellt. In den „Stabilisierungsphasen" mit gleichbleibenden oder sinkenden Wassersättigungsdefiziten war auch die Wasseraufnahme geringer. Bemerkenswert ist, daß die Wasseraufnahme nach der Verpflanzung sehr rasch wieder einsetzte und daß sie auch bei den ausgetrockneten Wurzelsystemen zunächst nicht völlig aufhörte. Es wäre zu untersuchen, welche Rolle die Wasseraufnahme durch bereits verkorkte Wurzeln (Kramer u. Kozlowski 1960, S. 328) für soeben verpflanzte Forstpflanzen, insbesondere im Fall von Frischeverlusten vor der Pflanzung, spielt.

Aus der instabilen Wasserbilanz nach der Verpflanzung, wiederum besonders bei den frischen großen Pflanzen, geht hervor, daß die Wasseraufnahme nach der Verpflanzung den Anforderungen nicht genügte, da vom Ausheben aus dem Verschulbeet bis zur Pflanzung stets erhebliche mechanische und physiologische Verluste an den Feinwurzeln eintreten (Macharáček 1960), deren Wasseraufnahme am effektvollsten ist (Lyr, Polster u. Fiedler 1967, S. 148). Die Wurzelverluste und damit die ungenügende Wasseraufnahme nach der Verpflanzung führen in der Regel zu einer *Transpirationseinschränkung* durch Verschluß der Spaltöffnungen (Fowells u. Kirk 1945, Jaroslavcev 1956, A. Watanabe 1956, S. Watanabe 1958, Kausch u. Ehrig 1959).

Unsere Transpirationsmessungen lassen nur vermuten, daß diese bei Frühjahrspflanzung auch unter günstigen Bedingungen bis zu 6 Wochen vorherrschen kann. Exakt nachweisen ließ sich dies mit der gewählten Methode jedoch nicht.

Die *Wassersättigungsdefizite* der Nadeln oben waren unter günstigen Bedingungen geringer als die der Nadeln unten. Ebenso war es stets bei deren Transpirationsrate. Dies entspricht dem im Labor festgestellten xeromorphen Bau der Nadeln aus der obersten Region junger Fichtenpflanzen.

Aus dem Vergleich der Wassersättigungsdefizite in den Nadeln und der mj. Sproßachse unter günstigen und ungünstigen Bedingungen läßt sich erkennen, daß das Wasser in der Sproßachse in gewissem Umfang eine Möglichkeit zum Ausgleich wechselnder Wasserbeanspruchung bietet (ebenso Lyr, Polster u. Fiedler, S. 148). Reissinger (1965) hatte dies auf Grund praktischer Erfahrungen mit Fichtengroßpflanzen bereits vermutet.

Die durchschnittlichen Wassersättigungsdefizite der einzelnen Pflanzenteile in der kritischen Anwuchsphase, als Maß für die Beanspruchung des Wasserhaushaltes der Versuchssorten durch die Verpflanzung gewählt, besaßen einen klaren Zusammenhang mit dem jeweiligen *Kulturerfolg*, d. h. den Ausfällen und Zuwüchsen in der ersten Vegetationsperiode.

Die *Entwicklung der Wasserbilanz* nach der Verpflanzung zeigte in allen drei Auspflanzungsjahren und bei allen Versuchssorten und Pflanzenteilen gewisse gemeinsame Züge.

Eine starke Beanspruchung des Wasserhaushaltes trat bei den frischen Pflanzen stets bereits innerhalb weniger Stunden nach der Auspflanzung ein. Bei den vor der Auspflanzung absichtlich ausgetrockneten Pflanzen wurde diese erste Krisis gewissermaßen vorweggenommen. Die Auspflanzung hatte auf ihre Wasserbilanz meist keinen negativen Einfluß mehr.

Dieser ersten Krisis des Wasserhaushaltes folgte in jedem Falle eine je nach der herrschenden Witterung verschieden stark ausgeprägte Stabilisierungsphase mit gleichbleibenden oder meist sogar kleiner werdenden Wassersättigungsdefiziten. Sie wäre erklärbar durch erhöhte Wasseraufnahme, Drosselung der Transpiration und Nutzung von Wasserreserven (s. o.).

In der Folge einer Reihe warmer und trockener Tage wurde diese Stabilisierungsphase am 7. bis 16. Tag nach der Verpflanzung durch eine erneute und meist entscheidende Krisenphase

abgelöst. Die Wasseraufnahme erreichte in ihr nicht mehr die Höhe der ersten Tage nach der Verpflanzung. Das läßt sich vermutlich dadurch erklären, daß diejenigen Feinwurzeln, welche die Verpflanzung funktionsfähig überlebten, nun „turnusmäßig" durch neue Feinwurzeln hätten ersetzt werden müssen, was aber infolge der Hemmung der Wurzelentwicklung durch die Verpflanzung unmöglich war.

Der zweiten Krisis folgte erneut eine Stabilisierung des Wasserhaushaltes. Diese war unter günstigen Umständen endgültig. Unter ungünstigen Umständen wurde sie beim Knospenaustrieb von einer dritten Krisis abgelöst. Der Knospenaustrieb führte immer dann zu einer sehr starken Anspannung des Wasserhaushaltes der Versuchspflanzen, wenn er zeitlich vor der Entwicklung neuer Wurzeltriebe eintrat.

Für eingehendere Untersuchungen über die Entwicklung der Wasserbilanz von Forstpflanzen nach der Verpflanzung zur Überprüfung des vermuteten Verhaltensmusters wäre es eine wichtige Voraussetzung, mehr über die normalen Veränderungen des Wasserhaushaltes in den einzelnen Pflanzenteilen beim Vegetationsbeginn zu wissen (Junghans 1959, Braun 1961, Clausen u. Kozlowski 1964, Keller 1966). Schließlich wäre der Zeitpunkt des Absterbens von Forstpflanzen als Folge des zusammengebrochenen Wasserhaushaltes exakt zu erfassen, was wegen ihrer stark lignifizierten Organe im Feldversuch unmöglich ist, und zu definieren, unter welchen physiologischen Verhältnissen es zum Absterben kommt.

### *4.2 Der Verpflanzungsschock*

Schon Bühler (1922) stellte fest, daß die Wurzelverluste bei den Manipulationen vor der Verpflanzung stets eine Depression des Höhenzuwachses in den ersten Jahren im Freiland bewirken.

Unserer Ansicht nach sind für diesen Verpflanzungsschock zwei verschiedene Umstände verantwortlich zu machen:

a) Die Wassersättigungsdefizite in der kritischen Anwuchsphase, und zwar direkt über das verminderte Sproßwachstum und indirekt über die Verkürzung der Zuwachsperiode infolge der Verzögerung des Knospenaustriebs (Burger 1926).

b) Der Zwang, die durch die Verpflanzung gestörte Relation von Sproß und Wurzel wieder herzustellen. Er führt zu einer Benachteiligung des Sproß- zugunsten des Wurzelwachstums (Mullin 1963, G. Hoffmann 1966/I, Lyr, Polster u. Fiedler 1967, S. 149, 333 - 334). Das konnten wir in Form eines stärkeren relativen Trockengewichtszuwachses der Wurzeln als der Gesamtpflanze bestätigen. Die festgestellten starken Nadelverluste in der kritischen Anwuchsphase könnten zwar die Relation von Sproß und Wurzel verbessern, vermindern aber zugleich die assimilierende Nadelmasse (vgl. Kulman 1965) und damit indirekt auch wieder den Zuwachs an Wurzelmasse.

### *4.3 Zum Vergleich der verschiedenen Versuchssorten*

#### 4.31 Ausgetrocknete und frische Pflanzen

Zusammenfassend ist zu sagen, daß der Frischezustand der Versuchspflanzen einen entschieden größeren Einfluß auf den Kulturerfolg hatte als ihre morphologischen Merkmale. Die Austrocknung wirkte sich offenbar noch stärker auf die Entwicklungsfähigkeit als auf die Wasseraufnahmefähigkeit der Wurzeln aus (vgl. Rupf 1948, 1949, Hedemann-Gade 1960, Laber 1963, Mullin 1963, 1967, Hermann 1967).

#### 4.32 Starke und schwache Pflanzen (Pflanzen aus weitem und engem Verschulverband)

a) Die starken und schwachen Pflanzen unterschieden sich hinsichtlich des Gewichtsverhältnisses von Nadeln zu Wurzeln bzw. Feinwurzeln nicht.

b) Der Anteil des Reservewassers in der Sproßachse, den Zweigen und der Hauptwurzel am Gesamtpflanzenwasser war bei beiden Versuchssorten gleich. Daß die Wasserreserven bei den starken Pflanzen absolut gesehen größer sind, dürfte keine Rolle spielen. Den größeren Wasserreserven der starken Pflanzen steht ja auch eine größere verdunstende Nadelfläche gegenüber.

c) Aus den relativen Wassergehalten der Nadeln bei maximaler Frische wird geschlossen, daß bei Anzucht in weitem Verband mehr xeromorphe Nadeln gebildet wurden als bei Anzucht in engem Verschulverband. Diese Behauptung sollte noch durch anatomische und quantitative Untersuchungen (vgl. Schöpfer 1961) bestätigt werden.

Es ist in diesem Zusammenhang interessant, daß Schreiber (1960, 1961) bei europ. Lärche und Kral (1961 und 1965) bei Fichte und Douglasie die größere Trockenresistenz bestimmter Herkünfte mit dem Lichtcharakter ihrer Benadelung erklären.

Der höhere Anteil von xeromorphen Nadeln bei den starken Pflanzen dürfte die Unterschiede zwischen starken und schwachen Pflanzen in der Transpirationsrate und in den Wassersättigungsdefiziten der Nadeln erklären.

d) Nach den Untersuchungen von Strüber war die mehrjährige Sproßachse der starken Pflanzen durch eine größere Zahl von Tracheiden und eine größere Querschnittsfläche der einzelnen Tracheiden des äußersten Jahresringes gekennzeichnet.

Tranquillini (1965) meint, daß ein geringer Querschnitt der einjährigen Wasserleitungsbahnen ein bedeutendes Hindernis bei der Wasserversorgung von Jungpflanzen im Austriebsstadium sei.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die starken Pflanzen aus weiter Verschulung den schwachen Pflanzen aus enger Verschulung gegenüber teilweise bessere Voraussetzungen für die Aufrechterhaltung der Wasserbilanz in der kritischen Anwuchsphase mitbrachten. Damit konnten ihre Vorteile hinsichtlich des Zuwachsverhaltens, nämlich ihre größere assimilierende Nadelmasse und ihre wahrscheinlich höheren Reservestoffvorräte, ungestört zur Entfaltung kommen. Das ist in der Praxis von hervorragender Bedeutung. Je größer ihr Höhenzuwachs ist, desto schneller entwächst eine Forstpflanze der bodennahen Gefahrenzone (Spätfröste, Unkraut, Wild). Unsere Untersuchungen bestätigen also die Versuchsergebnisse und praktischen Erfahrungen über den höheren Kulturerfolg mit weit verschulten, stufigen Fichtenpflanzen.

#### 4.33 Kleine und große Pflanzen (Pflanzen aus mittlerem Verschulverband)

a) In der Praxis kann man gelegentlich das Argument hören, große Pflanzen seien in der kritischen Anwuchsphase wegen ihrer großen transpirierenden Oberfläche besonders trocknisgefährdet. Es kommt hierbei aber selbstverständlich nicht auf die absolute Nadelmasse, sondern auf das Verhältnis von Nadeln zu Wurzeln an. Das Verhältnis von Nadeln zu Wurzeln insgesamt war aber bei den großen und kleinen Pflanzen von vergleichbarer Stufigkeit gleich.

b) Im Verhältnis Nadeln zu Feinwurzeln waren unsere großen Pflanzen den kleinen Pflanzen von vergleichbarer Stärke der Sproßachse dagegen stets eindeutig unterlegen.

c) Der prozentuale Anteil des Reservewassers am Gesamtpflanzenwasser war bei den großen Pflanzen stets höher als bei den kleinen Pflanzen.

d) Die großen Pflanzen besaßen gegenüber den kleinen Pflanzen offensichtlich ebenso wie die starken Pflanzen gegenüber den schwachen einen höheren Anteil an xeromorphen Nadeln (ebenso: Kral 1961). Auch bei ihnen fanden wir eine entsprechend kleinere

Transpirationsrate und 1966 und 1968 auch geringere Wassersättigungsdefizite der Nadeln.

e) Schließlich war bei den großen Pflanzen nach der Untersuchung von STRÜBER der Querschnitt der einjährigen Wasserleitungsbahnen größer als bei den kleinen Pflanzen.

Alle unsere Beobachtungen weisen auf einen besonders instabilen, durch die Verpflanzung stark angegriffenen Wasserhaushalt bei den großen Pflanzen hin. Besonders 1967, als hohe Feinwurzelverluste unserer Versuchspflanzen beim maschinellen Ausheben und eine warmtrockene Witterung nach der Verpflanzung zusammenkamen, fielen sie in Wasserbilanz und Kulturerfolg eindeutig hinter die kleinen Versuchspflanzen zurück.

Da wir oben eine ganze Reihe günstiger Voraussetzungen für das Überstehen der kritischen Anwuchsphase bei den großen Versuchspflanzen aufführen konnten, muß ihr geringer Feinwurzelanteil als entscheidend für ihr im Vergleich zu den kleinen Pflanzen schlechteres Anwuchsprozent und Zuwachsverhalten bezeichnet werden.

Nun stellt die Abnahme der Feinwurzelanteile mit steigender Sproßlänge sicherlich eine Gesetzmäßigkeit im Wachstum von Forstpflanzen dar. Auch ist die Feinwurzelbildung in hohem Maße von den Bodenverhältnissen in den Anzuchtquartieren abhängig. Trotz alledem ist die Ursache für die unbefriedigenden Feinwurzelverhältnisse der von uns verwendeten großen Pflanzen in erster Linie in dem für ihre Anzucht zu geringen Verschulabstand (i. D. 6 cm) in den Pflanzenreihen zu suchen. Außerdem ist die Gefahr von Feinwurzelverlusten beim Ausheben von großen Pflanzen aus engen Verschulverbänden, insbesondere auf schweren Böden, wegen der Hebelwirkung ihrer langen Sproßachsen besonders hoch.

Man kann annehmen, daß die gegensätzlichen Erfahrungen beim Anbau von Fichtengroßpflanzen hauptsächlich durch die unterschiedlichen Anzuchtbedingungen für die Versuchspflanzen, in erster Linie durch die unterschiedlichen Verschulweiten, verursacht wurden. (Ähnlich: REISSINGER 1963, 1964, 1965, SCHMIDT-VOGT 1966/I S. 235, GUTSCHICK 1967, 1968).

Für die Anzucht und Behandlung von Fichtengroßpflanzen wären in Zukunft in erster Linie zu beachten:

- weitere Standräume im Verschulbeet
- angemessene Düngung, keine übertriebene Kopfdüngung mit Stickstoff
- Bevorzugung leichter, humoser Böden für ihre Anzucht
- wurzelpflegliche Ernte
- besonderer Schutz gegen Frischeverluste, z. B. Transport in Plastiksäcken

Die mit diesen Vorschlägen zwangsläufig verbundenen betriebswirtschaftlichen Überlegungen für die Erzeuger von Forstpflanzen müssen in dieser Arbeit außer Betracht bleiben (vgl. OLDENKAMP 1968).

An den Schluß der Untersuchung seien die Worte der Baumphysiologen KRAMER und KOZLOWSKI (1960, S. 362) gestellt:

„Weiteres Studium, was Qualitätspflanzen ausmacht und wie sie erzogen werden können, ist dringend erforderlich."

Als Anregung zu dieser gemeinsamen Aufgabe von Forstbotanik und Waldbau möchte die vorliegende Arbeit verstanden werden.

## 5 Zusammenfassung

An Fichtenverschulpflanzen von unterschiedlicher morphologischer und physiologischer Qualität wurden die Wasseraufnahme, Wasserabgabe und Wasserbilanz in der kritischen Anwuchsphase, d. h. in den ersten vier Wochen nach der Verpflanzung in das Freiland im Frühjahr, mit Hilfe einfacher Feldmethoden untersucht.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden mit dem Ausfallprozent, dem Zuwachs an Höhe, Durchmesser und Trockensubstanz, dem Austreiben der Seitenknospen und vor allem mit der Wurzelentwicklung derselben Versuchssorten in der ersten Vegetationsperiode im Freiland in Verbindung gesetzt.

Die Verpflanzung wirkte sich erheblich verzögernd auf die Sproß- und Wurzelentwicklung aus und störte deren Verhältnis zueinander.

Die Wasseraufnahme nach der Verpflanzung wurde mit Hilfe eines Testsalzes untersucht. Die Verpflanzung bewirkte keine länger dauernde Unterbrechung der Wasseraufnahme. Hingegen führte sie vermutlich zu einer lang andauernden Transpirationseinschränkung. Die Entwicklung der Wasserbilanz in der kritischen Anwuchsphase konnte auf Grund der Wassersättigungsdefizite in zahlreichen Stichproben von den wichtigsten Pflanzenteilen eingehend dargestellt werden. Sie folgt offensichtlich einem bestimmten, letztlich von der Witterung unabhängigen Verhaltensmuster, das sich auch bei der Wasseraufnahme erkennen ließ.

Die zwischen Wasserhaushalt, Knospenaustrieb sowie Wurzelentwicklung und Kulturerfolg bestehenden Zusamenhänge konnten teilweise sichtbar gemacht werden.

Frischeverluste vor der Verpflanzung waren der nachteiligste Umstand für den Erfolg der Versuchspflanzungen. Wasserhaushalt und Kulturerfolg waren bei stufigen Pflanzen aus weiter Verschulung eindeutig günstiger als bei „spindeligen" Pflanzen aus enger Verschulung. Einige neue Gesichtspunkte zur Erklärung dieses Ergebnisses wurden mitgeteilt.

Große Pflanzen besaßen, auch unter günstigen Witterungsbedingungen, sichtlich einen weniger stabilen Wasserhaushalt und keinen überlegenen Kulturerfolg gegenüber kleinen Pflanzen von vergleichbarer Stufigkeit. Unter ungünstigen Witterungsbedingungen waren ihnen die kleinen Pflanzen in jeder Hinsicht überlegen.

Es wird behauptet, daß hierfür ausschließlich der geringere Feinwurzelanteil der großen Versuchspflanzen verantwortlich zu machen sei. Entsprechende Folgerungen für die Anzucht und Manipulation von Fichtengroßpflanzen werden gezogen, insbesondere hinsichtlich der Verschulweite.

## Summary

Title of the paper: *Growth and water relations of Norway spruce transplants of different quality after planting in the field.*

Water regime measurements of Norway spruce transplants during the first 4 weeks after planting in the field were correlated to mortality, increment of height, diameter and dry matter, bud break and root development.

Planting delays the development of shoots and roots and disturbs the correlation of these two processes. Water absorption could be stated at each day of observation, even immediately after planting and even by plants with desiccated root systems.

The transpiration seemed to be reduced for a long period after planting.

The water balance of all assortments showed the same tendency in principle independent of weather conditions. Water balance and planting success proved to be in a close correlation.

Moisture loss before planting was more important for planting success than the morphological quality of the stock.

Robust plants grown at wider spacing were superior to slender plants of dense spacing, to which some new explanation is offered. Large plants were in no way superior to smaller plants and showed an instable water balance. It is suggested that the reason lies in the lower fine root proportion of the large plants used in the experiment. Conclusions are drawn with respect to plant rearing. (GÜRTH)

## Résumé

Titre de l'article: *Croissance et bilan hydrique de plants repiqués d'épicéa de différentes qualité après la plantation en terrain découvert.*

Sur des plants repiqués d'épicéa dont la qualité différait tant par la morphologie que la physiologie, on a étudié par une méthode simple de terrain l'absorption de l'eau, la transpiration et le bilan hydrique pendant la phase critique de reprise, c'est-à-dire au cours des quatre premières semaines qui suivent, au printemps, la plantation sur terrain découvert.

On a cherché quelles étaient les relations entre les résultats ainsi obtenus et la croissance en hauteur et en diamètre, l'augmentation du poids de la matière sèche et surtout le développement des racines au cours de la première période de végétation.

La transplantation perturbe surtout le développement des racines et de la tige et modifie le rapport qui existait entre elles.

L'absorption de l'eau est déduite de la quantité d'un sel donné absorbé par la plante («test au sel»). L'absorption de l'eau n'est pas interrompue pendant une longue période lors de la transplantation contrairement à ce qui se passe pour la transpiration. L'évolution du bilan hydrique pendant la période cruciale de reprise peut être étudiée à partir du déficit de saturation en eau en faisant de nombreux prélèvements sur les parties les plus importantes de la plante. On en déduit un modèle qui se révèle finalement indépendant des conditions météorologiques; l'étude de l'absorption de l'eau conduit à un résultat analogue.

Ainsi on a pu établir, en partie du moins, les relations qui existaient entre le succès d'une plantation et le bilan hydrique, le débourrement des bourgeons et le développement des racines.

Le succès de ces plantations expérimentales a dépendu surtout des pertes d'eau subies par les plants avant leur mise en place.

Le bilan hydrique et les résultats de la plantation furent meilleurs avec des plants bien charpentés issus de repiquages à larges espacements qu'avec des plants «en fuseau» provenant de repiquages à faibles écartements. Quelques nouvelles hypothèses pour expliquer ces résultats ont été avancées.

Des plants de grande taille, même avec de bonnes conditions météorologiques, présentent un bilan hydrique moins stable que celui de petits plants «force» comparable et les résultats de la plantation ne sont pas meilleurs. Par contre, quand les conditions météorologiques sont défaborables, les petits plants se montrent supérieurs aux gros à tous points de vue.

Ceci paraît exclusivement tenir à la plus faible proportion de racines fines chez les grands plants. Les conséquences sont donc à en tirer pour l'éducation et la manipulation de ces grands plants et plus spécialement pour les distances de repiquage. J. M.



## Literaturverzeichnis

Der größte Teil der für die vorliegende Arbeit benutzten weiterführenden Bücher und Aufsätze wurde in dem bereits genannten früheren Aufsatz des Verfassers aufgeführt (s. Gürth, AFJZ 1970, H. 5, S. 97-104). Aus Raummangel können hier nur die wichtigsten übrigen Literaturangaben gemacht werden. Ein vollständiges Literaturverzeichnis ist in der Originalarbeit enthalten.

Barner, J.: Experimentelle Ökologie des Kulturpflanzenanbaus. Hamburg u. Berlin, 1965. — Braun, H. J.: Die Organisation des Stammes von Bäumen und Sträuchern. Stuttgart, 1963. — Burger, H.: Untersuchungen über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten. Mitt. d. Schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen Bd. 14, 29-158, 1926. — Fowells, H. A., und Kirk, B. M.: Availability of soil moisture to ponderosa pine. Jour. of For. 43, 601-604, 1945. — Gürth, P.: Wachstum und Wasserhaushalt von Fichtenverschulpflanzen unterschiedlicher Qualität nach der Verpflanzung in das Freiland. Diss., Freiburg i. Br., 1969. — Ders.: Forstpflanzen und Kulturerfolg — eine Literaturübersicht. AFJZ 141, 97-104, 1970. — Gutschick, V.: Erfahrungen mit großen Nadelholzpflanzen. AFZ 22, 179-181, 1967, und AFZ 23, 148-150, 1968. — Jaroslavcev, G. D.: Transpiration verpflanzter Bäume) Russisch Fiziol. Rast. 3, 405-408, 1956 Engl. Referat in Forestry Abstracts 1958 No. 86. — Junghans, B.: Über den jahreszeitlichen Gang der Frosthärte verschiedenalteriger Nadeln von Picea abies (L). KARSTEN im Hügelland. Arch. Forstwesen 8, 285-336, 1959. — Kausch, W., und Ehrig, H.: Beziehungen zwischen Transpiration und Wurzelwerk. Planta 53, 434-448, 1959, l. c. nach Lyr, Polster u. Fiedler 1967. — Kral, F.: Physiologische Frühtestversuche an Herkünften der grünen Douglasie. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 82, 129-149, 1965. — Macharacek, M.: (Das Ausmaß und die Art der Beschädigungen des Wurzelsystems junger Bäume während des Aushebens und Pflanzens). Tschechisch. Sbor. CS. Akad. Zeměd Věd. (Lesn.) 6, 219-246, 1960. Engl. Referat in Forestry Abstracts 1962 No. 3556. — Oksbjerg, E.: Transpiration of growing shoots in some Norway spruce (Picea abies) with some notes on drought phenomena. Svensk Bot. Tidskr. 55, 397-415, 1961. Engl. Referat in Forestry Abstracts 1962 No. 3140. — Schmidt-Vogt, H.: Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. 2. erw. Aufl. von „Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen". München, Basel, Wien, 1966/I. — Schmidt-Vogt, H., u. Gürth, P.: Die Bedeutung des Frischezustandes der Forstpflanzen für den Anwuchserfolg und das Jugendwachstum von Forstkulturen. Referate XIV. IUFRO-Kongreß München, Vol. IV, Sektion 23, 539-558, 1967/II. — Dies.: Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. I. Mitteilung: Auspflanzungsversuche mit Fichten und Kiefernpflanzen verschiedener Größen und Durchmesser. AFJZ 140, 132-142, 1969. — Schöpfer, W.: Beiträge zur Erfassung des Assimilationsapparates der Fichte. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg Bd. 10, 1961. — Schreiber, M.: Zur physiologischen Reaktionsweise von Provenienzen der eur. Lärche (Larix decidua MILL.), der jap. Lärche (Larix leptolepis GORD.) und der sib. Lärche (Larix sibirica LEDEB.) auf gleiche Umweltbedingungen. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 77, 18-26, 1960. — Ders.: ebenso. Cbl. f. d. ges. Forstwesen 78, 1-17 und 78, 93-105, 1961. — Steubing, L.: Pflanzenökologisches Praktikum. Berlin und Hamburg, 1965. — Stocker, O.: Das Wasserdefizit von Gefäßpflanzen verschiedener Klimazonen. Planta 7, 382-387, 1929. — Watanabe, A.: (Wasserhaushalt von Acacia decurrens var. mollissima Sämlingen nach der Verpflanzung) Japanisch, engl. Zsfg. Bull. Tokyo Univ. For. No. 52, 69-74, 1956.


# Vorkommen und Verbreitung hügelbauender Waldameisen der Formica rufa-Gruppe (Hymenoptera: Formicidae) in Baden-Württemberg


Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg/Br.

(Mit 3 Abbildungen und 3 Tabellen)

Von D. Klimetzek und G. Wellenstein


## I. Einleitung

Die hügelbauenden Waldameisen sind von erheblicher Bedeutung für die Dezimierung forstlicher Schadinsekten besonders in deren Latenzphase (vgl. Otto 1966 u. dort. Lit.-Ang.). Auf den Massenwechsel der Pflanzenläuse üben die Waldameisen dagegen einen fördernden Einfluß aus und bewirken so eine bedeutende Mehrproduktion an Honigtau in ihrem Nestareal (Auclair 1963). Für zahlreiche waldbewohnende Insektenarten bildet der Honigtau einen wesentlichen Ernährungsbestandteil (Zoebelein 1956, 1957).

Darüber hinaus wird ein Teil des abgetropften Honigtaus von Bienen eingetragen; gegenüber Bienenständen in ameisenfreien Waldgebieten erhöht sich der Honigertrag bis auf das 1½fache für Imker, die ihre Völker in der Nähe starker Ameisenvorkommen aufstellen (WELLENSTEIN, MÜLLER u. KAESER 1957, WELLENSTEIN 1960, 1963; MÜLLER 1963).

Schutz und Förderung der hügelbauenden Waldameisen sind somit gleichermaßen für Forstleute und Imker interessant. Grundlage hierfür bildet die Erfassung der natürlichen Ameisenvorkommen: Erst dann ist ein betriebswirtschaftlich vertretbarer, schwerpunktartiger Schutz der Nester und gezieltes Anwandern trachtengünstiger Waldteile durch die Imker möglich. So lassen sich unzweckmäßige und kostspielige künstliche Ameisenansiedlungen vermeiden. Aus diesen Gründen wurden in vielen europäischen Ländern eingehende qualitative (vgl. GÖSSWALD, KNEITZ u. SCHIRMER 1965 u. dort. Lit.-Ang.) und — in kleineren Teilgebieten — vereinzelt auch quantitative Untersuchungen über den natürlichen Bestand an hügelbauenden Waldameisen durchgeführt.

Während zur qualitativen Aufnahme des Ameisenbestandes die stichprobenweise Erhebung ausreicht, müssen quantitative Untersuchungen einzelne Gebiete lückenlos erfassen, um so anhand der flächenbezogenen artverschiedenen Siedlungsdichte in bestimmten Biotopen oder Landschaften Aussagen treffen zu können über die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten.

Wegen des hierfür erforderlichen hohen Zeitaufwandes ist die Zahl der bislang durchgeführten „Vollaufnahmen" des Ameisenbestandes sehr gering. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse solcher Intensivaufnahmen in der BRD und der DDR zusammenfassend dargestellt:

## II. Ergebnisse der Aufnahmen

Die Erfassung des natürlichen Ameisenbestandes in Baden-Württemberg wurde von der Forstschutzstelle in Ringingen bereits 1955 in Angriff genommen und — nach Klärung der bis dahin uneinheitlichen Ameisensystematik durch BETREM (1953, 1960), YARROW (1953, 1955) und LANGE (1954, 1958) — in den Jahren 1965/66 durch das Forstzoologische Institut Freiburg auf breitester Grundlage wiederholt und vervollständigt. Die Aufnahme des Ameisenbestandes erfolgte durch Revierbeamte, die auf Forstbezirkskarten die Lage der in ihrem Revier gefundenen Nesthügel einzeichneten und über Vorkommen als Einzelnest oder im Kolonieverband, Nestexposition und Ausmaße der Nestkuppel sowie Bestockung im Nestbereich Angaben lieferten. Darüber hinaus wurde — soweit möglich — über das ungefähre Alter der Nester und ggf. im Nestareal erfolgte Bekämpfungsaktionen berichtet. Der überwiegende Teil der Aufnahmen erfolgte 1965, in einigen Ausnahmefällen wurde die Suche erst im darauffolgenden Jahr durchgeführt.

Ergebnis dieser umfangreichen Arbeiten ist der „Ameisenatlas" von Baden-Württemberg, der nach den Ergebnissen der forstamtlichen Suchen gefertigt wurde und in Form von Meßtischblättern am Institut für Forstzoologie Freiburg vorliegt. Gegen Erstattung einer geringen Bearbeitungsgebühr werden Imkern Fotokopien der sie interessierenden Waldgebiete zugesandt; dies bedeutet einen wesentlichen Beitrag zur Förderung der Wanderimkerei und zur optimalen Nutzung der Wald-Bienenweide.

Eine — über das ursprüngliche Versuchsziel hinausgehende — wissenschaftliche Auswertung des vorliegenden Materials erscheint bei der Art der Aufnahmemethodik problematisch: Der Übersehfehler ist erfahrungsgemäß sehr groß und — bedingt durch die Vielzahl der Beobachter — für die einzelnen Reviere und Forstämter uneinheitlich, also auch statistisch kaum ausgleichbar. Weiterhin wirkt sich der jahreszeitlich und in Einzelfällen von Jahr zu Jahr wechselnde Untersuchungszeitpunkt ungünstig aus. Aufgabe und Neubegründungen sowie Verlagerungen von Nestern sind bei den hügelbauenden Waldameisen sehr häufig (ECKSTEIN 1937,

Tabelle 1

**Abundanz hügelbauender Waldameisen je 100 ha in Teilgebieten der BRD und der DDR nach Angaben in der Literatur**

| Jahr der Aufnahme | Untersuchungsgebiet | Fläche (ha) | Zahl der gefundenen Ameisenhaufen | durchschnittliche Ameisendichte | Prozentualer Anteil der einzelnen Arten | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | *pol.* | *rufa* | *prat./nigr.* | *lug.* |
| WELLENSTEIN, G. (1967 a) | | | | | | | | |
| 1926 | Daun (Eifel) | 935 | 154 | **16,5** | 86 | 11 | 3 | — |
| 1964 | dto. | dto. | 75 | **8,0** | 81 | 14 | 5 | — |
| 1962/66 | Daun (Eifel) | 1 510 | 179 | **11,9** | 70 | 14 | 16 | — |
| 1962/66 | Brückenau (Rhön) | 362 | 42 | **11,6** | 47 | 36 | 17 | — |
| 1962/66 | Rupboden (Unterfranken) | 1 053 | 88 | **8,4** | | *(nicht erfaßt)* | | |
| 1962/66 | Memmingen (Allgäu) | 2 285 | 183 | **8,0** | 32 | 47 | 21 | — |
| KLIMETZEK, D. (1970 b) | | | | | | | | |
| 1966 | Freiburg/Br. (Hochschwarzwald) | 1 640 | 258[1]) | **15,7** | 20 | 63 | 12 | 5 |
| 1969 | dto. | dto. | 206[2]) | **12,6** | 34 | 49 | 15 | 2 |
| ECKSTEIN, K. (1937) | | | | | | | | |
| 1933 | Eberswalde | 562 | 214[3]) | **38,1** | | | *(nicht erfaßt)* | |
| OTTO, D. (1968) | | | | | | | | |
| 1961 | Eberswalde/Bernau | 18 945 | 962 | **5,1** | 49 | 50 | 1 | — |
| 1959 | Zerbst | 3 619 | 271 | **7,5** | 60 | 38 | 2 | — |
| 1960 | Malchow/Waren | 25 601 | 636 | **2,5** | 36 | 53 | 11 | — |

1) zuzüglich 2 Nester F. truncorum
2) zuzüglich 2 Nester F. truncorum
3) zuzüglich 20 Nester F. truncorum

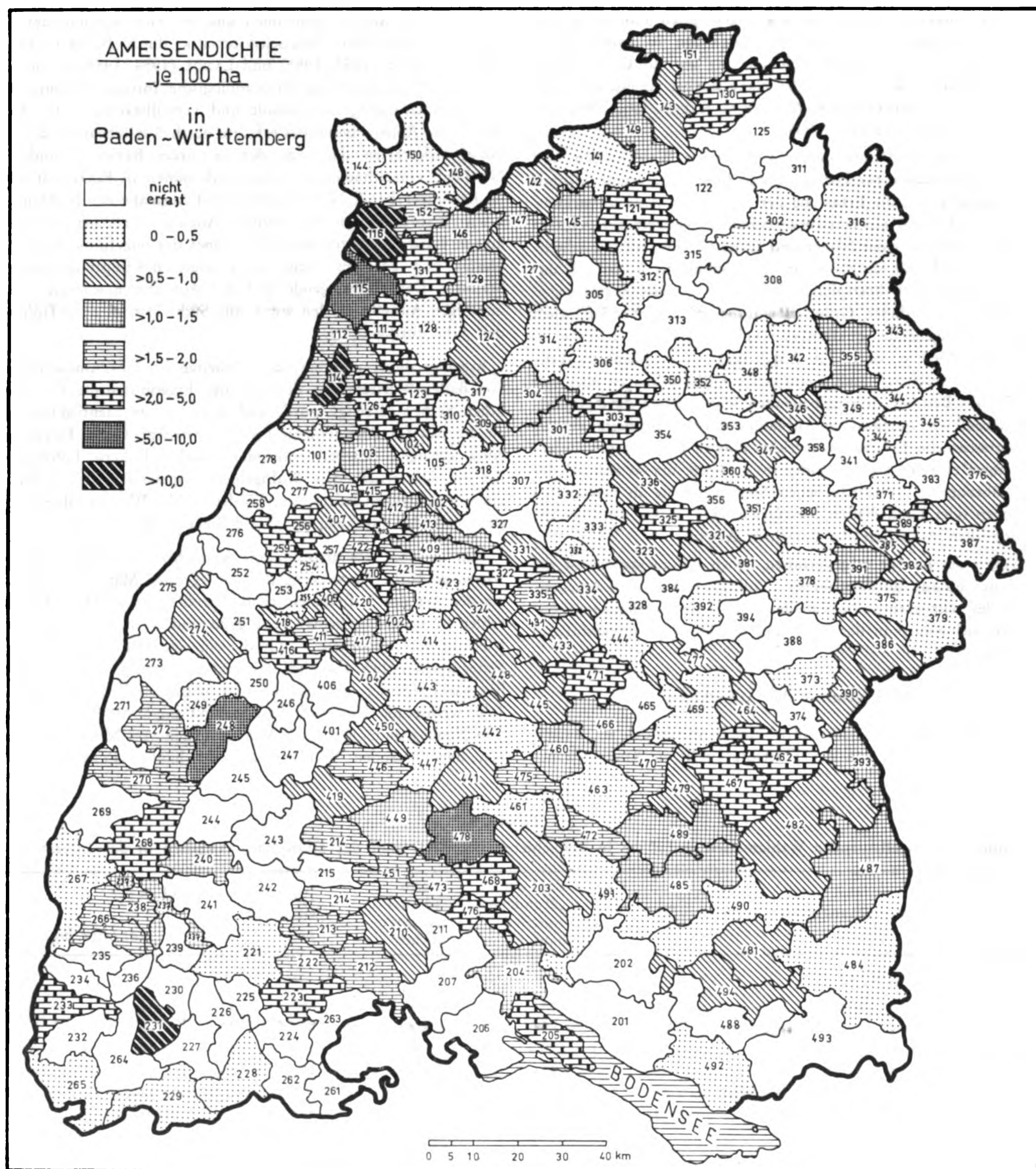



Abbildung 1
**Ameisendichte je 100 ha in Baden-Württemberg, Stand 1965/66. Die dreistelligen Zahlen bezeichnen die Ordnungszahlen der Forstämter nach dem Forststatistischen Jahrbuch 1967 für Baden-Württemberg.**

Scherba 1963, Klimetzek 1970 b); zur echten Vergleichbarkeit der Suchergebnisse wäre deshalb ein einheitlicher Aufnahmetermin erforderlich gewesen.

Bewußt wurde für die vorliegende Studie darauf verzichtet, Material und Ergebnisse von weiteren Untersuchungen miteinzubeziehen, die zu verschiedenem Zeitpunkt oder mit anderer Aufnahmemethodik durchgeführt wurden, um die Inhomogenität der Daten nicht noch mehr zu erhöhen. Dagegen wurden solche zusätzlichen genauen Erhebungen verwendet, um im Vergleich mit den forstamtlichen Meldungen den Übersehfehler zu schätzen und ein verläßliches Bild über die Artenzusammensetzung des Ameisenbestandes einzelner Gebiete zu erhalten.

Aufgrund dieser Einschränkungen können die Suchergebnisse nur mit Vorbehalten und nur für den Untersuchungszeitraum 1965/66 gültig sein. Die folgende Auswertung[1]) muß sich daher auf einen Gebietsvergleich beschränken.

1) Die umfangreichen Berechnungen wurden von Herrn Franz R. Klimetzek jr. durchgeführt; hierfür sei ihm auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

Zur Darstellung der Verbreitung der hügelbauenden Waldameisen in Baden-Württemberg wurde eine Einteilung in „Klassen der Ameisendichte" vorgenommen. Ihre Abstufung liegt zwischen 0,5 und 5,0 Nestern je 100 ha; bei einer durchschnittlichen Waldfläche von 4000 ha je Forstamt entspricht dies einem Unterschied von 20 bis 200 Nestern je Forstamt. Dies bietet Gewähr, daß Zentren hoher Ameisendichte mit Sicherheit gegen ihre Umgebung abgegrenzt werden können.

Die Ameisendichte der einzelnen Forstämter ist in Abbildung 1 dargestellt. Nur vier Gebiete weisen eine Abundanz von mehr als fünf Nestern je 100 ha auf: Hochschwarzwald (FA Schönau), Mittlerer Schwarzwald (FA Zell a. H.), Hohe Schwabenalb (FA Wehingen) und die Hardtebenen (FÄ Schwetzingen, Karlsruhe-Hardt und Phillipsburg). Es ergibt sich somit folgendes Bild von der Verteilung hügelbauender Waldameisen in Baden-Württemberg: „Zentrum der Ameisendichte" sind die Hardtebenen. Von hier gehen strahlenförmig zwei Streifen hoher Siedlungsdichte aus, deren Verlauf weitgehende Übereinstimmung mit dem Relief zeigt. Die stärkeren Ameisenvorkommen von Baden-Württemberg lassen sich demnach zwei in sich geschlossenen Bereichen zuordnen:

I. *Ameisengebiete der Tiefebenen und Mittellagen:*
Im Norden von Baden-Württemberg: Führt von den Hardtebenen in nordöstlicher Richtung über Kraichgau und Bauland bis in das Tauberland;

II. *Ameisengebiete der Gebirgslagen:*
Im Westen und Süden von Baden-Württemberg: Schließt südlich an den Kraichgau an, erstreckt sich bis zum Gebiet der Schwarzwald-Randplatten und fächert sich dann auf: einmal in südöstlicher Richtung bis zum nördlichen Teil der mittleren Flächenalb, zum anderen weiter nach Süden entlang Mittel- und Hochschwarzwald und erfaßt noch — nach Osten übergreifend — den nördlichen Teil der schwäbischen Alb und das südlich hiervon liegende Gebiet bis zum Bodensee.

Diese beiden, zunächst nach ihrer Höhenlage getrennten Gebiete I und II sind hinsichtlich Klima und Bestockungsverhältnissen deutlich verschieden. Es kann angenommen werden, daß diese Abgrenzung der Ameisengebiete in Baden-Württemberg zugleich auch Arealen charakteristischer Artenzusammensetzung entspricht:

Bereich I ist durch hohe Temperatur- und geringe Niederschlagswerte gekennzeichnet, im westlichen Teil ist die Kiefer Hauptholzart. Das Gelände ist überwiegend flach, auch im nordwestlichen Ausläufer wird die 400-m-Grenze von den starken Ameisenvorkommen kaum überschritten. Hier ist mit einem Überwiegen von *F. polyctena* und relativ häufigem Vorkommen von *F. pratensis* zu rechnen.

Bereich II zeigt entgegengesetzte Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse; überwiegend die hohen und höchsten Lagen zeigen hier stärkeres Ameisenauftreten. Der Nadelholzanteil an der Bestockung ist sehr hoch, Fichte und Tanne sind dominierende Holzarten. Gegenüber Bereich I bestehen für die Ameisen wesentlich andere Ernährungsverhältnisse, insbesondere ist mit einem geringeren Angebot an tierischer Nahrung zu rechnen. Obgleich ameisenreich, ist Bereich II im Vergleich zu den Ameisengebieten der Tiefebenen und der Mittellagen weniger stark von Ameisen besiedelt. *F. polyctena* tritt zurück zugunsten eines stärkeren Vorkommens von *F. rufa* im westlichen Randgebiet[2]) und einem Teil des Bodenseegebietes; mehr als anderswo in Baden-Württemberg bildet *F. rufa* in diesen beiden Teilgebieten polygyne Völker (vgl. KLIMETZEK 1970 a). In den höheren Lagen des Schwarzwaldes dominiert *F. lugubris*; gebietsweise verdrängt sie die übrigen Arten bis auf wenige Nester[3]).

Für Baden-Württemberg berechnet sich nach dem vorliegenden Material eine durchschnittliche Ameisendichte von 1,6 Nestern je 100 ha. Aufgrund des Übersehfehlers bei den Aufnahmen liegt dieser Wert in Wirklichkeit wesentlich höher und kann wegen der — im vorigen schon kurz besprochenen —, gegen das Untersuchungsmaterial bestehenden Bedenken nur als bedingt gültig angesehen werden. Dagegen ist der Vergleich mit den Werten der einzelnen Forstdirektionen zulässig und aufschlußreich (vgl. Tabelle 2):

Die Ameisendichte für Süd- und insbesondere für Nordbaden liegt wesentlich über dem Mittelwert von Baden-Württemberg, Süd- und Nordwürttemberg dagegen zeigen unter dem Durchschnitt liegende Werte für die Ameisendichte.

In Abbildung 2 ist die Zugehörigkeit der Waldfläche von Baden-Württemberg zu den einzelnen Klassen der Ameisendichte dargestellt: nur ein geringer Anteil der Fläche weist eine hohe Siedlungsdichte auf. Mehr als ein Nest je 100 ha wurde nur in 407.959 ha (= 31 %) gefunden. Die Waldfläche mit mehr als zwei Nestern je 100 ha beträgt sogar nur 149.274 ha (= 11 %). Für 379.891 ha, d. s. 29 % der Gesamtwaldfläche von Baden-Württemberg, liegen keine Ergebnisse der forstamtlichen Suchen von 1965/66 vor.

Charakteristische Unterschiede der Ameisendichte zeigen sich auch nach Zusammenfassung der Suchergebnisse für die forstlichen Waldgebiete (vgl. Forststatistisches Jahrbuch 1967), wie dies in Tabelle 3 vorgenommen wurde.

Unabhängig vom jeweiligen Aufnahmeprozent wurden in Abbildung 3 die entsprechenden Werte für den Gesamtbereich der zugehörigen Waldgebiete eingetragen: Es zeigt sich nun ein klares

2) Auch in den Vogesen tritt F. rufa bevorzugt am westlichen Gebirgsabfall auf (vgl. KNEITZ, GERNERT u. RAMMOSER 1962).

3) Eine eingehende Darstellung der Artenverteilung hügelbauender Waldameisen in Baden-Württemberg ist in Vorbereitung und wird zu einem späteren Zeitpunkt erscheinen.

Tabelle 2

**Abundanz von Nestern hügelbauender Waldameisen der Formica rufa-Gruppe in Baden-Württemberg, Stand 1965/66**

| | Zahl der FÄ 1) | hiervon erfaßt | Gesamtwaldfläche (ha) | hiervon erfaßt (ha) | (%) | Zahl der gefundenen Ameisenhaufen | mittlere Ameisendichte je 100 ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nordbaden | 34 | 32 | 172 736 | 159 673 | 92 | 4 853 | 3,0 |
| Südbaden | 70 | 29 | 440 748 | 184 330 | 42 | 4 328 | 2,3 |
| Nordwürttemberg | 71 | 53 | 326 048 | 243 340 | 75 | 1 649 | 0,7 |
| Südwürttemberg | 66 | 61 | 376 040 | 348 338 | 93 | 4 276 | 1,2 |
| **Baden-Württemberg** | **241** | **175** | **1 315 572** | **935 681** | **71** | **15 106** | **1,6** |

1) Sieben der Stadt- bzw. Gemeindeforstämter (OZ.: 362, 363, 364, 424, 425, 452, 495) werden in der vorliegenden Arbeit nicht getrennt ausgewiesen, ihre Waldfläche wurde den zuständigen staatlichen Forstämtern zugeschlagen.

**Tabelle 3**

**Abundanz von Nestern hügelbauender Waldameisen der Formica rufa-Gruppe in Baden-Württemberg, getrennt nach forstlichen Waldgebieten; Stand 1965/66**

| | | | Zahl der FÄ [1]) | hiervon erfaßt | Gesamt-waldfläche (ha) | hiervon erfaßt (ha) | (%) | Zahl der gefundenen Ameisenhaufen | mittlere Ameisendichte je 100 ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nordbaden | I | Nördlicher Schwarzwald | 5 | 5 | 21 495 | 21 495 | 100 | 191 | 0,9 |
| | II | Unteres Rheintal | 6 | 6 | 23 814 | 23 814 | 100 | 3 240 | 13,6 |
| | III | Bauland | 11 | 9 | 53 658 | 40 595 | 76 | 714 | 1,8 |
| | IV | Odenwald | 12 | 12 | 73 769 | 73 769 | 100 | 708 | 1,0 |
| Südbaden | V | Bodenseegegend | 7 | 3 | 56 633 | 24 849 | 44 | 445 | 1,8 |
| | VI | Donaugegend | 6 | 4 | 35 629 | 17 674 | 50 | 462 | 2,6 |
| | VII | Schwarzwald | 39 | 15 | 255 429 | 99 249 | 39 | 2 923 | 2,9 |
| | VIII | Rheintal mit Vorbergen | 18 | 7 | 93 057 | 42 558 | 46 | 498 | 1,2 |
| Nordwürttemberg | IX | Unterland | 18 | 12 | 79 319 | 45 411 | 57 | 341 | 0,8 |
| | X | Stuttgarter Raum | 13 | 11 | 46 811 | 39 764 | 85 | 501 | 1,3 |
| | XI | Nordostland | 18 | 13 | 93 854 | 72 824 | 78 | 245 | 0,3 |
| | XII | Alb | 22 | 17 | 106 064 | 85 341 | 80 | 562 | 0,7 |
| Südwürttemberg | XIII | Schwarzwald | 22 | 20 | 105 173 | 97 388 | 93 | 1 298 | 1,3 |
| | XIV | Schönbuch und Oberer Neckar | 13 | 13 | 62 676 | 62 676 | 100 | 545 | 0,9 |
| | XV | Westalb | 19 | 18 | 101 523 | 97 597 | 96 | 1 916 | 2,0 |
| | XVI | Oberland | 12 | 10 | 106 668 | 90 675 | 85 | 517 | 0,6 |

Gefälle abnehmender Ameisendichte von Westen nach Osten und — weniger deutlich ausgeprägt — von Süden nach Nordosten. Im Osten und Südosten finden sich zusammenhängende Gebiete mit nur geringer Siedlungsdichte, insbesondere das Nordostland (XI) ist nahezu frei von Ameisen.

### III. Zusammenfassung


Ausgehend von der forstlichen und bienenwirtschaftlichen Bedeutung der hügelbauenden Waldameisen der *Formica rufa*-Gruppe wurde durch das Forstzoologische Institut Freiburg in den Jahren 1965/66 eine Fragebogenaktion bei den Forstämtern Baden-Württembergs zur Ermittlung der natürlichen Ameisendichte durchgeführt; hierbei wurden 71 % der Gesamtwaldfläche erfaßt. Die berechnete Abundanz beträgt 1,6 Nester je 100 ha Waldfläche, die Werte für Württemberg liegen erheblich unter denen von Baden. Aufgrund des Übersehfehlers liegt dieser nach den Ergebnissen der forstamtlichen Suchen ermittelte Betrag der Ameisendichte mit Sicherheit weit unter dem wirklichen Wert, wie auch der Vergleich mit einigen in der Literatur beschriebenen Intensivaufnahmen zeigt. Die vorliegende Studie beschränkt sich deshalb auf einen Gebietsvergleich.

Die Verteilung der hügelbauenden Waldameisen in Baden-Württemberg wird kartographisch dargestellt. Vier „Zentren hoher Ameisendichte" kommen vor: Hochschwarzwald, Mittlerer Schwarzwald, Hohe Schwabenalb und die Hardtebenen. Es werden zwei in sich geschlossene Bereiche hoher Siedlungsdichte abgegrenzt:

I. *Ameisengebiete der Tiefebenen und Mittellagen:* im Norden von Baden-Württemberg; hier überwiegt *F. polyctena*, *F. pratensis* ist relativ häufig verteten;

II. *Ameisengebiete der Gebirgslagen:* im Westen und Süden von Baden-Württemberg; im westlichen Teil tritt *F. rufa* stark auf, in den höheren Lagen dominiert *F. lugubris*.

Der Vergleich der Ameisendichte der 16 forstlichen Waldgebiete von Baden-Württemberg läßt ein Gefälle abnehmender Ameisendichte von Westen nach Osten und von Süden nach Nordosten erkennen.

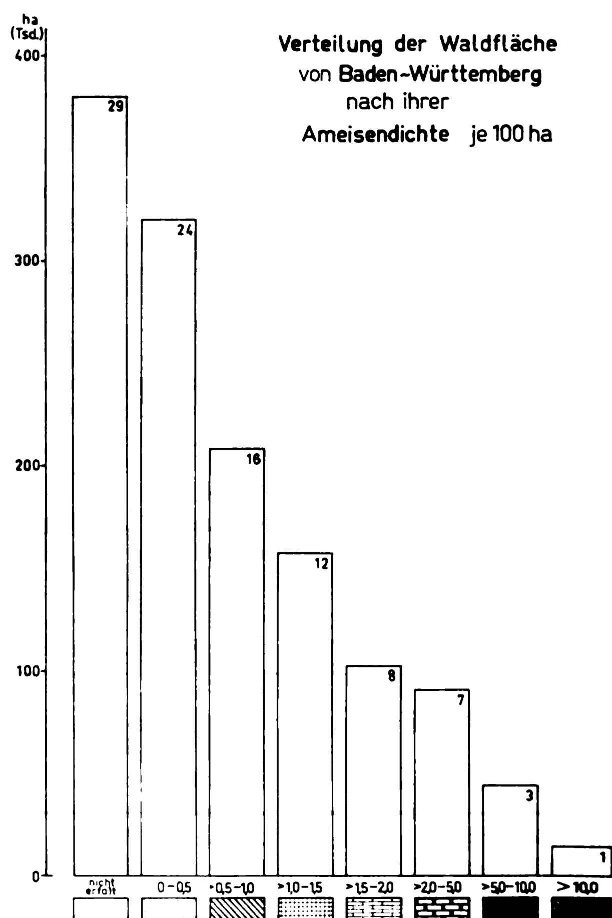




**Abbildung 2**

Verteilung der Waldfläche von Baden-Württemberg auf die Klassen der Ameisendichte, Stand 1965/66. Die Zahlen in der rechten oberen Ecke der Säulen bezeichnen das zugehörige Flächenprozent, bezogen auf die Gesamtwaldfläche.

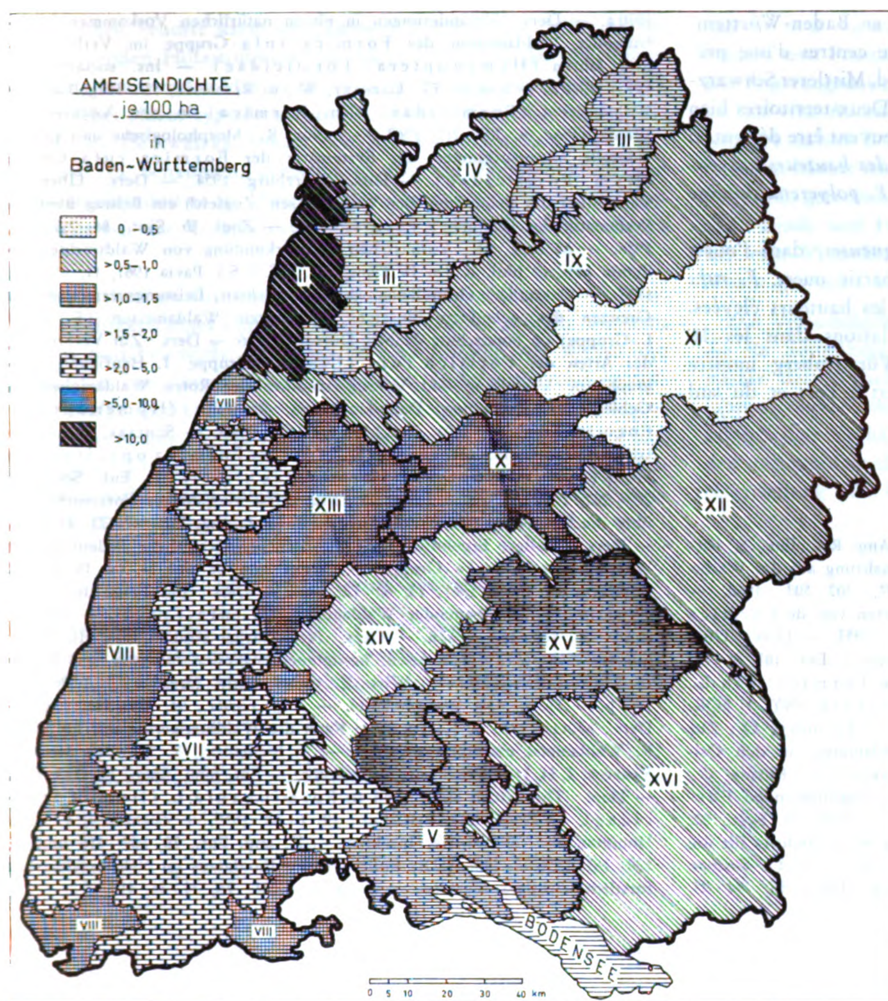



Abbildung 3
Ameisendichte je 100 ha in den forstlichen Waldgebieten von Baden-Württemberg, (vgl. Tab. 3 und Text).
Stand 1965/66

**Summary** [4])

Title of the paper: *Abundance and distribution of hill-building red wood-ants of the Formica rufa-group in Baden-Württemberg.*

In view of the importance of wood-ants in forestry and apiculture, the Institute of Forest Zoology in Freiburg/Br., in 1965/66, directed questionaires to the local forest offices in order to evaluate the natural abundance and distribution of wood-ants. 71 % of the whole forest area of Baden-Württemberg was considered in this study. The population density of woodlands in Württemberg is much lower than that of Baden. The analysis of the data showed that there were an average of 1.6 nests per 100 hectars (*i. e.* 0.64 / 100 *acres*). Even after making allowances for errors in the survey of such large areas, this value of 1.6 nests per 100 hectars is certainly an underestimate; this is also evident when some published results of intensive surveys of smaller areas are considered. Therefore it was decided to confine the present study to only a comparative assessment of the population abundance and distribution of ants of the *Formica rufa*-group within Baden-Württemberg.

The distribution of wood-ants in Baden-Württemberg shows four different centers of very dense population concentration: Hochschwarzwald, Mittlerer Schwarzwald, Hohe Schwabenalb and the Hardtebenen. Closer examination reveals two distinct regions of comparatively high population densities:

I. *Ant regions of the lowlands and middle altitudes:* in the north of Baden-Württemberg, where *F. polyctena* predominates and *F. pratensis* is relatively abundant;

II. *Ant regions of the mountaineous areas:* in the west and south of Baden-Württemberg, where *F. rufa* is more densely distributed in the western parts and *F. lugubris* predominates in the highlands.

The pattern of distribution of wood-ants in the 16 forest-areas differenciated within Baden-Württemberg shows a gradient of decreasing abundance from the west to the east and from the south to the northeast. (A.)

**Résumé** [4])

Titre de l'article: *Présence et distribution des fourmis roux des forêts appartenant à la groupe Formica rufa en Baden-Württemberg.*

Partant de l'importance des fourmis roux des forêts pour l'économie forestière et pour l'apiculture, l'Institut de Zoologie Forestière à Freiburg/Br. menait, en 1965/66, une enquête par questionnaires chez les administrations locales des eaux et forêts pour constater l'abondance naturelle des fourmis; cette enquête portait sur 71 % des régions boisées du Baden-Württemberg. La densité des populations de fourmis dans les forêts du Württemberg est plus faible que celle du Baden. Les résultats de cet inventaire montrent une abondance moyenne de 1,6 nids sur 100 héctars. Des erreurs dans l'enquête amènent que cette valeur de 1,6/100 ha est certainement de beaucoup inférieur à la valeur actuelle; ceci se manifeste aussi par une comparaison avec les résultats publiées de quelques recherches intensives portant sur des surfaces restreintes. C'est pour cette raison que la présente étude se limite à comparer différentes régions du Baden-Württemberg.

4) Wir danken Mlle M.-L. Feiereisen und Dr. D. Calnaido für Durchsicht der franz. bzw. engl. Zusammenfassung.

La distribution des fourmis roux des forêts en Baden-Württemberg est illustrée par une carte. Il y a quatre centres d'une présence abondante des fourmis: Hochschwarzwald, Mittlerer Schwarzwald, Hohe Schwabenalb et les Hardtebenen. Deux territoires bien distincts d'une densité de populations élevée peuvent être délimités:

I. *Régions de fourmis des plaines basses et des hauteurs moyennes:* dans le nord du Baden-Württemberg, où *F. polyctena* domine et *F. pratensis* est relativement abondante;

II. *Régions de fourmis des parties montagneuses:* dans l'ouest et le sud du Baden-Württemberg; dans la partie ouest, *F. rufa* se trouve souvent, *F. lugubris* domine dans les hauteurs élevées.

Une comparaison de la densité de populations dans les 16 régions forestières différenciées en Baden-Württemberg montre une pente d'une densité diminuante de l'ouest à l'est et du sud au nordouest. (A.)

## IV. Literatur

AUCLAIR, J. L.: Aphid feeding and nutrition. — Ann. Rev. Ent., 8, 439-490, 1963. — AYRE, G. L.: Der Einfluß von Insektennahrung auf das Wachstum von Waldameisenvölkern. — Naturwiss., 47, 502-503. 1960. — BETREM, J. G.: Enkele opmerkingen omtrent de soorten von de Formica rufa-groep. — Ent. Ber. Amsterdam, 14, 322-326, 1953. — Ders.: Über die Systematik der Formica rufa-Gruppe. — Tijdschr. v. Ent., 103, 51-81, 1960. — ECKSTEIN, K.: Die Nester der Waldameisen Formica rufa L., Formica trunicola NYL. und Formica exsecta (NYL.) FOR. — Mitt. Forstwirtsch. Forstwiss., 8, 635-685, 1937. — EICHHORN, O.: Zur Verbreitung und Ökologie der hügelbauenden Waldameisen in den Ostalpen. — Z. ang. Ent., 54, 253-289, 1964. — GÖSSWALD, K., KNEITZ, G., u. SCHIRMER, G.: Die geographische Verbreitung der hügelbauenden Formica-Arten (Hym., Formicidae) in Europa. — Zool. Jb. Syst., 92, 369-404, 1965. — KLIMETZEK, D.: Zur Bedeutung des Kleinstandorts für die Verbreitung hügelbauender Waldameisen der Formica rufa-Gruppe (Hymenoptera: Formicidae). — Z. ang. Ent., 66, 84-95, 1970a. — Ders.: Veränderungen in einem natürlichen Vorkommen hügelbauender Waldameisen der Formica rufa-Gruppe im Verlauf von drei Jahren (Hymenoptera: Formicidae). — Ins. sociaux, (in lit.), 1970b. — KNEITZ, G., GERNERT, W., u. RAMMOSER, H.: Hügelbauende Waldameisen (Formicidae, Gen. Formica) in den Vogesen. — Waldhygiene, 4, 203-219, 1962. — LANGE, R.: Morphologische und experimentelle Untersuchungen zur Systematik der Formica rufa-Gruppe (Hym. Formicidae). — Diss., Würzburg, 1954. — Ders.: Über die Variabilität der Beborstung der Waldameisen. Zugleich ein Beitrag über die Systematik der Formica rufa-Gruppe. — Zool. Jb. Syst., 86, 217-226, 1958. — MÜLLER, H.: Vorausschau und Erkundung von Waldtrachten. — Symp. gen. et biol. it. (= IV Kongr. U. I. E. I. S.), Pavia 1961, 11, 85-103, 1963. — OTTO, D.: Grundlagen, Erfolgsaussichten, Leistungsvermögen und Grenzen des gelenkten Einsatzes der Roten Waldameisen (F. rufa L.-Gruppe) im Forstschutz.-Habil., Dresden, 1966. — Ders.: Zur Verbreitung der Arten der Formica rufa LINNAEUS-Gruppe. I. Häufigkeit, geographische Verteilung und Vorzugsstandorte der Roten Waldameisen im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik (Hymenoptera: Formicidae). — Beitr. Ent., 18, 671-692, 1968. — SCHERBA, G.: Population characteristics among colonies of the ant Formica opaciventris EMERY (Hymenoptera: Formicidae). — N. Y. Ent. Soc., 71, 219-232, 1963. — WELLENSTEIN, G.: Ergebnisse vierjähriger Untersuchungen über die Steigerung der Waldbienentracht. — Z. ang. Ent., 47, 32-41, 1960. — Ders.: Weitere Ergebnisse über die bienenwirtschaftliche Bedeutung der Waldameisen (F. rufa-Gruppe). — Symp. gen. et biol. it. (= IV Kongr. U. I. E. I. S.), Pavia 1961, 12, 60-73, 1963. — Ders.: Zur Frage der Standortsansprüche hügelbauender Waldameisen (F. rufa-Gruppe). — Z. ang. Zool., 58, 139-166, 1967a. — Ders.: Neunjährige Studien über die Beziehungen zwischen Waldameisen, honigtauerzeugenden Insekten und Bienen in Südwestdeutschland. — Wiss. Z. techn. Univ. Dresden, 16, 596-598, 1967b. — Ders.: Die Wald-Imkerei. — Allg. Forstz., 24, 579-581, 1969. — Ders., MÜLLER, H., u. KAESER, W.: Kann die Waldhonigernte mit Hilfe der R. Waldameise gesteigert werden? — Z. Bienenfor., 3, 237-240, 1957. — YARROW, I. H. H.: Wood ants and spruce. — Ent. mon. Mag., 89, 232, 1953. — Ders.: The British ants allied to Formica rufa L. (Hym. Formicidae). — Trans. Soc. Brit. Ent., 12, 1-48, 1955. — ZOEBELEIN, G.: Der Honigtau als Nahrung der Insekten. — Z. ang. Ent., 38, 369-416 und 39, 129-167, 1956. — Ders.: Die Rolle des Waldhonigtaus im Nahrungshaushalt forstlich wichtiger Insekten. — Forstwiss. Zbl., 76, 24-34, 1957.

# Untersuchungen über Feuchte und Farbe von Fichtenschleifholz

Aus dem Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Universität Freiburg/Br.

(Mit 14 Abbildungen)

Von G. KNELL

### Einleitung und Problemstellung

Spezielle Forschung über Veränderung von Farbe und Feuchte des Schleifholzes führt in den Grenzbereich, wo sich die Interessen von Forstwirtschaft und Holzverarbeiter berühren. Dieser Nahtstelle, wo das Produkt Baum in das Produkt Holzrohstoff übergeht, ist in Mitteleuropa in der Vergangenheit zu wenig Beachtung geschenkt worden. Unsere Untersuchungen auf diesem Grenzgebiet befassen sich mit dem Sortiment Schleifholz, seiner Veränderung hinsichtlich Farbe und Feuchte während der Lagerung und seiner möglichen Auswirkung auf den Verarbeitungsprozeß.

Bei dem Sortiment Schleifholz handelt es sich um Holz, welches in irgend einer Form zu holzhaltigem Papier mechanisch verschliffen wird. Nach der HOMA handelt es sich um Regelklassenfaserholz (Papierholz).

Die Aufarbeitung des Sortiments Schleifholz erfolgt im Hinblick auf seine ursprüngliche Verwendung bis heute noch oftmals so, daß eine möglichst rasche Austrocknung erzielt wird. Dies war für Brennholz zweifellos richtig. Die somit angewendeten Aufarbeitungsverfahren haben aber den Nachteil, daß der Vorteil der hohen natürlichen Feuchte von der verarbeitenden Industrie nicht genutzt werden kann. Frisch gefälltes Fi-/Ta-Schleifholz enthält nach dem Gewicht etwa gleichviel Wasser wie Holztrockensubstanz. Nach neueren Untersuchungen werden optimale Schliffeigenschaften erreicht mit Hölzern, die eine Restfeuchte von 50-55 % $F_u$ enthalten (SCHUSTER 1954, BRANDAL und JOHANNESSEN 1958, DE MONTMORENCY 1964). Die gegenwärtig übliche Art der Aufarbeitung von Schleifholz macht es aber unmöglich, der verarbeitenden Industrie das Rohmaterial mit einer solch hohen Feuchte zur Verfügung zu stellen.

In nächster Zukunft wird die Schleifholz verarbeitende Industrie mit einem Bedarf von ca. 2,5 Mio. rm/Jahr für die Forstwirtschaft der BRD ein wichtiger Abnehmer sein, vor allem deswegen, weil der Bedarf an Grubenholz weiter abnehmen wird und weil die Zellstoffindustrie sich weitgehend unabhängig vom Waldnadelholz gemacht hat. Der Schleifholzindustrie den Rohstoff Holz mit einem optimalen Gebrauchswert zur Verfügung zu stellen, bleibt eine wichtige Aufgabe für die Forstwirtschaft. Gemeinsames Interesse von Rohstoffproduzent und Verarbeiter sollte es daher sein, das Holz so zu ernten und aufzuarbeiten, daß es mit niedrigen Gestehungskosten und optimalem Gebrauchswert zur Verarbeitung kommt. Nur so kann ein Produkt von hoher Ausbeute und hohem Wert hergestellt werden.

Das Schleifholz, das gegenwärtig in der BRD zur Verarbeitung kommt, hat bei der Anlieferung bereits eine so geringe Feuchte, daß in vielen Fällen eine künstliche Wiederbefeuchtung erfolgen muß (Darstellung Nr. 1). Die oftmals integrierten skandinavischen und kanadischen Verarbeiter machen sich den Vorteil der hohen

natürlichen Feuchte schon seit längerer Zeit zunutze. Während bei einem großen Holzstoffwerk die mittlere Feuchte des zur Verarbeitung kommenden Holzes ca. 25 % $F_u$ erreichte (SCHÄDLER 1967), betrug bei einem typischen skandinavischen Werk die Feuchte ca. 50 % $F_u$ (SCHWEIZER 1962). Um sich im internationalen Wettbewerb zu behaupten, erscheint es für die Forstwirtschaft und Schleifholzindustrie in Mitteleuropa erforderlich, sich der Kostenvorteile bei der Verarbeitung von waldfrischem Holz bewußt zu werden.

Als Kriterium für eine Beurteilung von Qualität und Verwendungsfähigkeit eines Holzschliffs dienen Formbestandteile wie etwa Faser- und Feinstoffe, und optische Eigenschaften wie Weisse und Opazität. Die Zusammenhänge zwischen Holzfeuchte und Schliffmerkmalen sind komplexer Natur, doch zeigt sich, daß mit steigender Feuchte sich die Schliffeigenschaften verbessern und die Weisse zunimmt (Darstellung Nr. 2). Nach Auswertung von Schleiferbuchaufzeichnungen kommt LÖFFLER (1967) zu ähnlichen Ergebnissen (Darstellung Nr. 3).

### Methodik und Versuchsbedingungen

Entsprechend der dargestellten Problemstellung wurde ein zeitlich und räumlich weitgestecktes Untersuchungsprogramm durchgeführt. Es wurde Fichten-Schleifholz in verschiedenen Versuchsflächen und verschiedenen Monaten gefällt und die jeweilige Feuchte und Feuchteveränderung während der Lagerung gemessen. Die Lagerungsdauer betrug bis zu 18 Monate. Die Hölzer wurden bis auf eine Ausnahme an Wegrändern im Halbschatten im Wald gelagert. In der Zeit von September 1966 bis August 1967 wurden in jedem Monat eine bestimmte Anzahl von Hölzern eingeschlagen. In jeweils getrennten Stapeln wurden Hölzer in Rinde und Hölzer ohne Rinde und Hölzer von 2 m, 4 m und 6 m Länge gelagert. Bis zum Versuchsende wurde jeder einzelne Prügel einmal im Monat gewogen, um den Feuchteverlust zu erfassen.

Die Versuchshölzer wurden in solchen Beständen eingeschlagen, die für Schleifholzsortimente typisch waren. Der mittlere Durchmesser der Versuchshölzer betrug ca. 13 cm, der Durchmesserrahmen reichte von 7 bis 20 cm. Zur Erfassung unterschiedlicher klimatischer Verhältnisse waren Versuchsflächen großräumig über den südwestdeutschen und süddeutschen Raum angelegt worden (Darstellung Nr. 4).

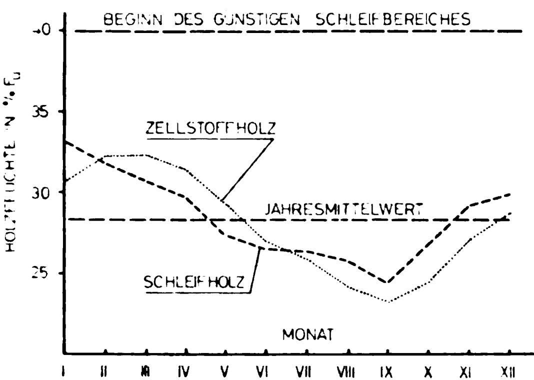



Abbildung 1
Holzfeuchte beim Eingang ins Werk in Abhängigkeit von der Jahreszeit (SCHÜTTE, 1965; DIETZ, 1966).

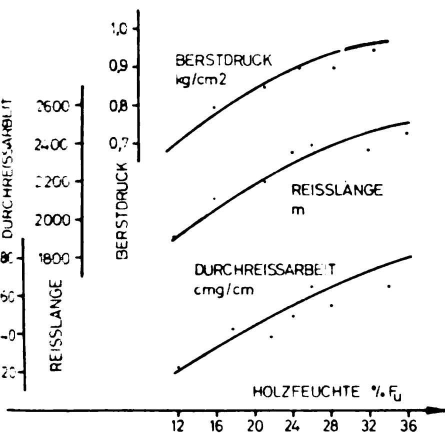



Abbildung 2
Abhängigkeit einiger Festigkeitseigenschaften des Holzschliffs von der Holzfeuchte (nach BRECHT, 1938).

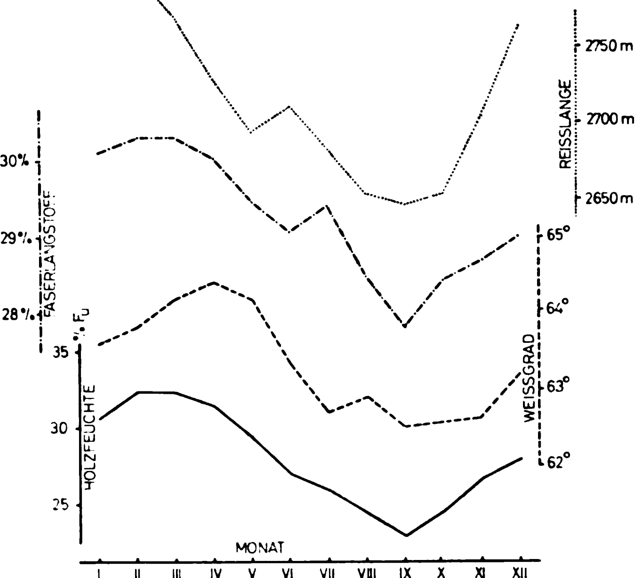



Abbildung 3
Reißlänge, Faserlangstoffanteil, Weiße und Holzfeuchte in Abhängigkeit von der Jahreszeit (Mittelwerte 1963 - 1966).

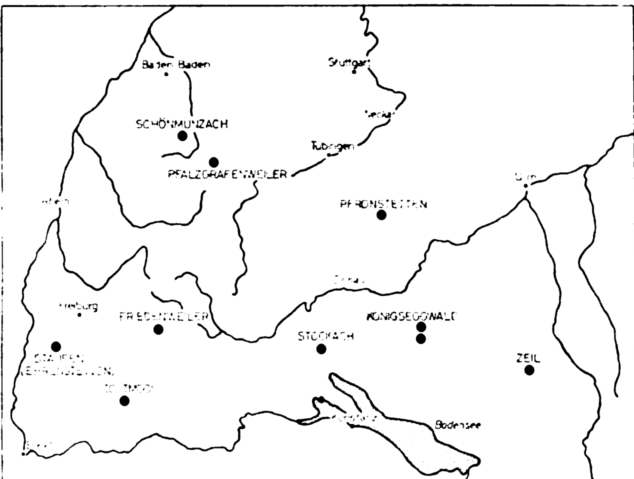



Abbildung 4
Geographische Lage der Versuchsflächen
Versuchsfläche ∴∵

Da unsere Untersuchungen in enger Zusammenarbeit mit der Zellstoff- und Papierindustrie erfolgten, haben wir das in der Papierindustrie übliche Feuchtigkeitsmaß angewendet, das den Komplementärwert zum Trockenstoffgehalt darstellt. Die Messung der Anfangsfeuchte erfolgte an Sägespänen, die unmittelbar bei der Fällung und Aufarbeitung gewonnen wurden. Nach Entnahme der Späneprobe wurde jedes Holzstück beziffert und gewogen. Durch erneutes Wiegen nach einem Monat wurde die monatliche Gewichtsveränderung ermittelt. Unter Berücksichtigung der Anfangsfeuchte und der Differenz der monatlichen Wiegung wurde die Veränderung der Feuchte wie folgt bestimmt:

$$F_{u\,2} = \frac{G_{u\,2} - G_0}{G_{u\,2}} \times 100\ (\%)$$

$G_{u\,2}$ = Gewicht des Prügels nach der 2. Wiegung
$G_0$ = Trockengewicht des Prügels

$$G_0 = \frac{(100 - F_{u\,1})}{100} \times G_{u\,1}$$

$G_{u\,1}$ = Gewicht des Prügels nach der 1. Wiegung (Fällgewicht)
$F_{u\,1}$ = Holzfeuchte des Prügels nach der Fällung an Spänen ermittelt.

**Ergebnisse der Untersuchung über die Feuchtigkeitsveränderung**

Die durchschnittliche Ausgangsfeuchte aller untersuchten Holzstücke lag bei ca. 35 % $F_u$, wobei sich eine Streuung dieser Werte von 6 % $F_u$ ergab. Ähnliche Meßwerte wurden auch bei früheren Untersuchungen des Instituts für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft an der Universität Freiburg ermittelt (KNELL, WEISS, JEHLE 1968). Auch aus skandinavischen Untersuchungen wurden Werte dieser Größenordnung mitgeteilt (NYLINDER 1961).

Eine Abhängigkeit der Holzfeuchte vom Zeitpunkt des Einschlags ließ sich bei den Versuchen nicht nachweisen. Zwar hatte das im Januar eingeschlagene Holz die größte Feuchte und das im September gefällte Holz die geringste Feuchte (Darstellung Nr. 5), jedoch kamen hohe Feuchtigkeitswerte auch im Sommer und niedere auch im Winter vor. Wir kamen daher zu dem Schluß, daß die individuellen Unterschiede von Holzstück zu Holzstück weit größer sind als Unterschiede, die auf unterschiedliche Fällungszeitpunkte zurückzuführen sind.

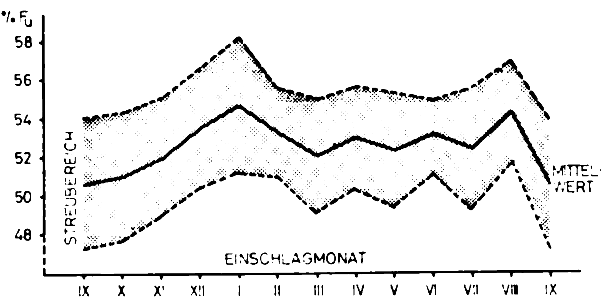



Abbildung 5
Anfangsfeuchte von Fichten-Schleifholz in Abhängigkeit vom Einschlagmonat.

Größere Unterschiede wurden bei den Ausgangsfeuchten der Hölzer aus den verschiedenen Beständen und Standorten festgestellt. Der Feuchteunterschied zwischen den beiden Extremstandorten betrug fast 10 % $F_u$. Ursache hierfür dürfte die unterschiedliche Dichte des Holzes sein, die bekanntlich standortabhängig ist. Ferner ist der unterschiedliche Anteil von Splint und Kern bei den verschiedenen Standorten zu berücksichtigen. Beide Faktoren bewirken, daß größere Unterschiede der Anfangsfeuchten vorkommen.

Einen Vergleich des Austrocknungsverlaufs von Holz mit Rinde und Holz ohne Rinde zeigt die Darstellung Nr. 6. Das Holz in

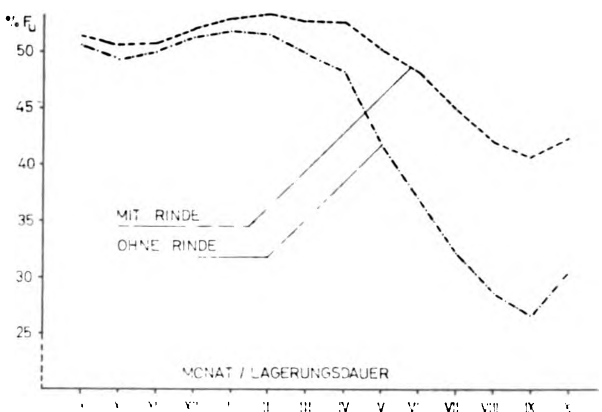



Abbildung 6
Veränderung der Holzfeuchte während der Waldlagerung.

der Rinde verlor nach etwa einjähriger Lagerung nur ca. 10 % $F_u$, während in der gleichen Zeit das Holz ohne Rinde ca. 25 % $F_u$ verlor. Nach einem Feuchteminimum im September steigt in beiden Fällen danach die Feuchte wiederum an, wobei der Feuchteanstieg des Holzes ohne Rinde wesentlich größer ist. Wie aus der Darstellung Nr. 6 weiter zu entnehmen ist, wurde in beiden Fällen praktisch bis zum Februar keine Differenzierung der Feuchte festgestellt. Erst ab März verlief die Austrocknung der Rindenhölzer und entrindeten Hölzer unterschiedlich.

Auf den Einfluß, den der Zeitpunkt der Fällung für die Geschwindigkeit der Austrocknung haben soll, wird verschiedentlich hingewiesen (TROST 1930). Unsere Untersuchungen bestätigen gleichfalls, daß die Hölzer, die in der Zeit von April bis Juli eingeschlagen werden, besonders intensiv und rasch austrocknen. Auffallend war, daß diejenigen Hölzer, die im Herbst eingeschlagen wurden, bis zum Versuchsende weniger stark ausgetrocknet waren, wie diejenigen Hölzer, die aus dem Frühjahrseinschlag stammten. Bereits KNUCHEL und GÄUMANN (1930) haben bei ihren Untersuchungen festgestellt, daß Holz, welches im Oktober bis Januar eingeschlagen wurde, relativ gleichmäßig ausgetrocknet war und etwa 8 bis 9 Monate benötigte, um ein Gleichgewicht mit der umgebenden Luft zu erreichen. Die im Frühsommer eingeschlagenen Hölzer benötigen dafür nur 1 bis 2 Monate (Darstellung Nr. 7, oben). Ursache hierfür ist einmal die zusätzliche Feuchtigkeitsaufnahme der im Herbst gefällten Hölzer während der Winterzeit, die nach unseren Messungen bis zu 10 % betragen kann. Vor allem entscheidend scheint aber zu sein, daß bei den im Winter gefällten Hölzern zuerst das Wasser aus dem Zellinnern entweicht, während die Zellwände ihre Feuchte noch behalten. Bei den im Frühsommer gefällten Hölzern erfolgt die Austrocknung ungemein rasch, das Zellinnere und die Zellwände trocknen etwa gleichzeitig aus. Dadurch kommt es zu Spannungen und Rissen. Infolge der somit vergrößerten Verdunstungsoberfläche kann die Trocknung wesentlich rascher erfolgen.

Welchen Einfluß die Stückdimension auf den Verlauf der Austrocknung hat, wurde in einer besonderen Untersuchung analysiert. Der Stücklänge kommt hierbei offensichtlich nur eine untergeordnete Bedeutung zu (Darstellung Nr. 7, Mitte). Die 2 m langen, 4 m langen und 6 m langen Holzstücke trocknen etwa gleich intensiv aus. Der Durchmesser dagegen, als zweite Größe der Stückdimension, hat einen großen Einfluß auf die Veränderung der Feuchte (Darstellung Nr. 7, unten). Hierbei zeigte sich, daß z. B. Hölzer über 14 cm Durchmesser im Monat des Feuchteminimums nur etwa 5 % $F_u$ gegenüber der Anfangsfeuchte verloren hatten, während Hölzer unter 10 cm Durchmesser ca. 15 % $F_u$ verloren.

Die Veränderung der Feuchte wird in starkem Maße von den klimatischen Verhältnissen des Lagerplatzes bestimmt. Innerhalb

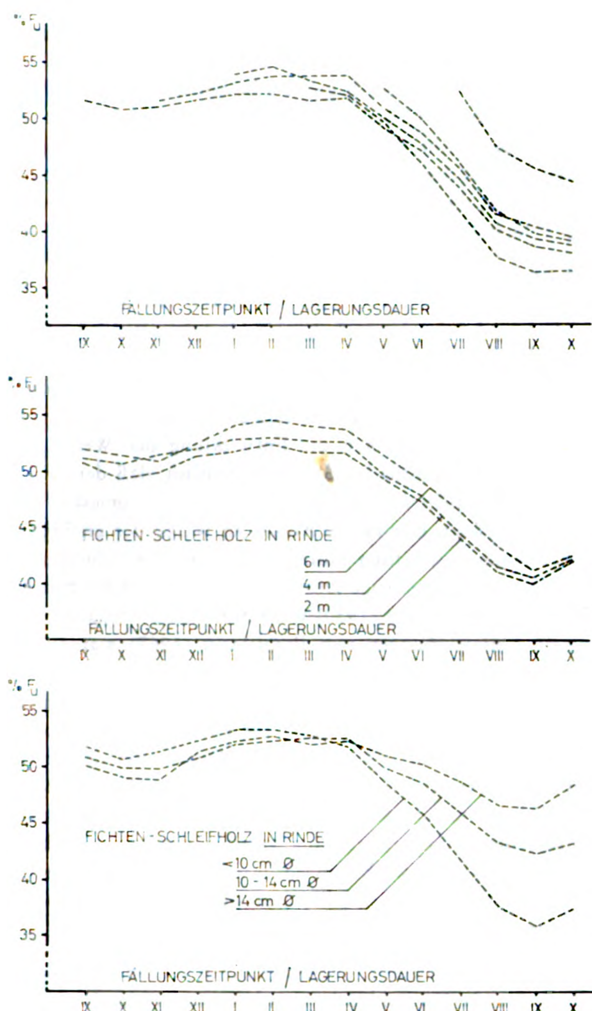



**Abbildung 7**

Feuchtigkeitsänderung von Fichten-Schleifholz in Rinde bei der Waldlagerung.

Oben: In Abhängigkeit vom Fällungszeitpunkt.

Mitte: In Abhängigkeit von der Stücklänge.

Unten: In Abhängigkeit vom Durchmesser.

der zahlreichen Versuchsflächen wurden daher drei Gruppen ausgeschieden. Gruppe I Flächen in einem warmtrockenen Gebiet, Gruppe II Übergangsgebiet, Gruppe III Flächen in einem kühlfeuchten Gebiet. Es erfolgte hierbei eine sehr deutliche Differenzierung, die sowohl bei den entrindeten wie auch bei den unentrindeten Hölzern zu beobachten war (Darstellung Nr. 8).

In diesem Zusammenhang war es von Interesse zu untersuchen, wie sich Holz, welches auf einer Freilandfläche und Holz, welches in einer Waldfläche gelagert wurde, während der Austrocknung verhalten hatte. Die Versuchshölzer waren aus dem gleichen Bestand und nur etwa 100 m voneinander gelagert worden. Wie zu erwarten, trocknete das Holz auf der Freilandfläche wesentlich rascher aus. Dabei trocknete das entrindete Holz so stark aus, daß es zur Herstellung optimaler Holzschliffe nicht mehr geeignet war. Auf der Waldfläche trocknete das Holz dagegen nur sehr zögernd aus und behielt vor allem in nichtentrindetem Zustand sehr lange seine natürliche Feuchte (Darstellung Nr. 9).

Für den Verarbeiter ist eine möglichst gleichmäßige Feuchtigkeit von Vorteil. Daher wurde untersucht, wie sehr die Feuchte der einzelnen Holzstücke mit zunehmender Lagerungsdauer differenzieren. Bei den frisch gefällten Hölzern ist die Feuchte allgemein recht einheitlich, die relative Streuung betrug nach unseren Untersuchungen lediglich 10 %. Mit zunehmender Lagerungsdauer nimmt die relative Streuung jedoch laufend zu, bei den entrindeten Hölzern bis zu 40 %, bei den unentrindeten Hölzern bis zu 30 %. Beim Vergleich der entrindeten und unentrindeten Hölzer ist aber zu beachten, daß sich diese Streuungszunahme bei den entrindeten Hölzern an einem absolut niedrigeren Feuchtegehalt vollzieht.

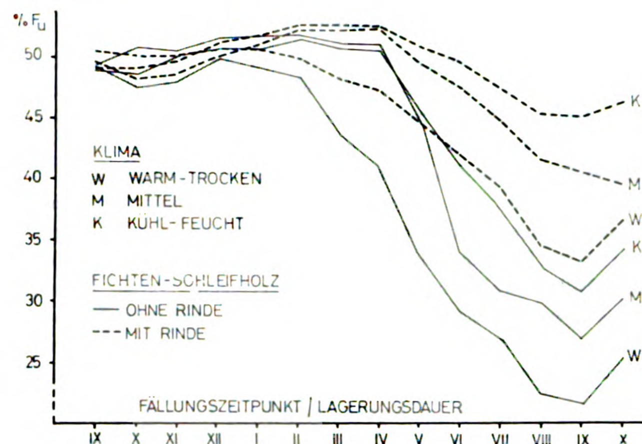



**Abbildung 8**

Feuchtigkeitsänderung unter verschiedenen Klimabedingungen.

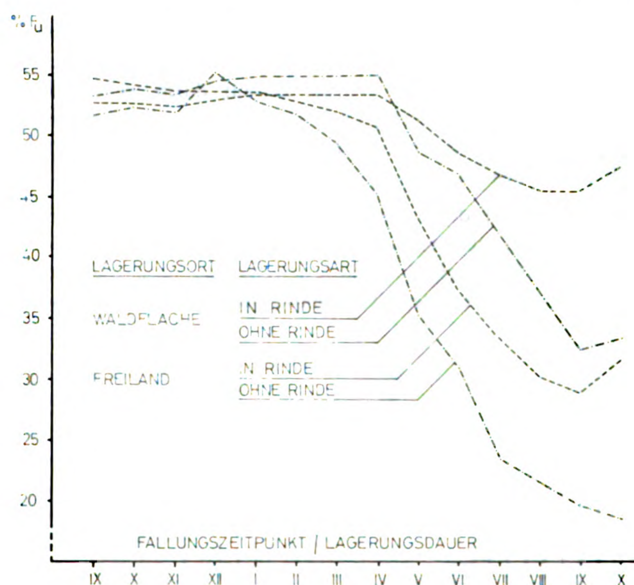



**Abbildung 9**

Feuchtigkeitsänderung bei Freiland- oder Waldlagerung.

**Ergebnisse der Untersuchung über die Farbveränderung**

Die Helligkeit des Holzes ist für die Papierindustrie vor allem dort von Bedeutung, wo für das aus Holz hergestellte Produkt eine bestimmte Weiße gefordert wird. Bei der Herstellung von holzhaltigem Druckpapier hat helles Holz wesentliche Vorteile. Holz von dunklerer Farbe kann nur durch kostspielige Bleichverfahren aufgehellt werden. So konnte nachgewiesen werden, daß dunkle Hölzer einen überproportionalen Bleichmittelbedarf erfordern, um einen bestimmten erwünschten Weißegrad zu erreichen (Meltzer 1966). Die Verarbeiter dürften daher interessiert sein, möglichst frisches und helles Holz zu erhalten, um so

den Bleichaufwand möglichst gering zu halten. Wir haben daher untersucht, wie sich die Farbe von Fichten-Schleifholz während der Lagerung verändert. Als Meßmethode diente ein von MELTZER (1966) entwickeltes Verfahren.

Die Entwicklung der Weiße verlief sehr unterschiedlich bei entrindeten und unentrindeten Hölzern. Allgemein lag die Weiße der unentrindeten Hölzer nach über 6monatiger Lagerung unter der der entrindeten Hölzer. Dies darf jedoch nicht zu dem Schluß führen, daß entrindete Hölzer prinzipiell einen geringeren Weißeverlust bei der Lagerung erfahren.

Bei den entrindeten Hölzern zeigte sich mit zunehmender Lagerungsdauer ein kontinuierlicher Weißeabfall. Anders dagegen lagen die Verhältnisse bei denjenigen Holzstücken, die in Rinde gelagert worden waren. Nach etwa 15monatiger Lagerung hatten diese Hölzer zwar den gleichen Weißeverlust erlitten wie die entrindeten Hölzer. Die geringste Weiße war aber nicht bei den am längsten gelagerten Hölzern in Rinde gemessen worden, sondern bei den im Frühjahr und Frühsommer eingeschlagenen Hölzern. Diese Hölzer waren nur 6 - 8 Monate gelagert. Daraus kann geschlossen werden, daß für den Weißeverlust nicht nur die Lagerdauer, sondern auch der Zeitpunkt der Fällung von entscheidender Bedeutung sind (Darstellung Nr. 10).

Die Stücklänge scheint keinen besonderen Einfluß auf die Veränderung der Weiße zu haben (Darstellung Nr. 11). Innerhalb der untersuchten Längen von 2 m bis 6 m haben sich keine wesentlichen Unterschiede feststellen lassen. Es ist zwar bekannt, daß der Farbabbau besonders von den Stirnseiten her erfolgt und längere Hölzer somit einen geringeren Weißeverlust haben müßten. Daneben kommen aber auch erhebliche Farbänderungen vor an den Abhiebstellen der Äste und an den Stellen, an denen die Rinde anderweitig verletzt wurde. Darauf dürfte es zurückzuführen sein, daß die Überlegenheit in der Weiße der 6 m langen Stücke gegenüber den 2 m langen Stücken nicht stärker zum Ausdruck gekommen ist.

Um den Einfluß der verschiedenen klimatischen Verhältnisse bei den einzelnen Lagerorten in ihrer Auswirkung auf die Veränderung der Weiße zu erfassen, wurde jeweils eine Versuchsfläche aus der Serie der kühlfeuchten (Todtmoos), der mittleren (Königsegg-

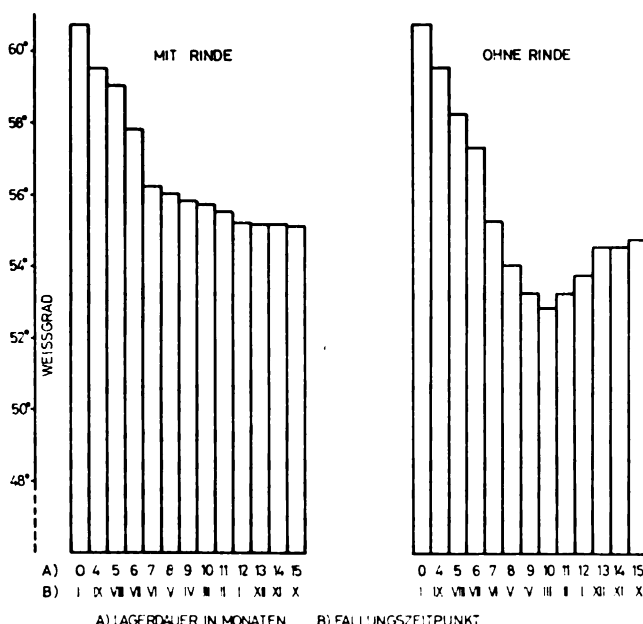



**Abbildung 10**

Unterschiedliche Weißgradentwicklung von Fichten-Schleifholz.

wald) und der warm-trockenen (Ehrenstetten) Klimate ausgewählt. Hierbei zeigte sich, daß der Weißeverlust bei den entrindeten Hölzern im warm-trockenen Gebiet nur sehr gering war. Im kühlfeuchten Gebiet war er merklich größer, besonders stark war der Weißeverlust jedoch im Gebiet des mittleren Klimas. Auffallend war auch hier, daß nicht diejenigen Hölzer, die am längsten gelagert waren, den höchsten Weißeverlust aufwiesen, sondern diejenigen Holzstücke, die im Frühjahr und Frühsommer gefällt worden waren (Darstellung Nr. 12).

Gänzlich anders verlief die Entwicklung der Weißeveränderung bei den unentrindeten Hölzern. Die Holzstücke aus dem warmtrockenen Gebiet hatten einen hohen Verlust an Weiße, einen etwas geringeren Weißeverlust hatten die Hölzer aus dem Gebiet der kühl-feuchten Klimate. Den geringsten Verlust an Weiße hatten aber die Holzstücke, die aus dem Gebiet der mittleren Klimabereiche kamen. Untersucht man die Entwicklung der Weiße an den verschiedenen Versuchsflächen, so wird deutlich, daß dem Fällungszeitpunkt allgemein eine größere Bedeutung zuzumessen ist als der Lagerungsdauer. Der rasche Abbau an Weiße der im Frühjahr und Frühsommer gefällten Hölzer wird vor allem durch die in den Sommermonaten günstige Disposition für ein Pilzwachstum verursacht. Bereits GÄUMANN (1930) weist auf diesen Vorgang hin. Nach neueren Untersuchungen von PECHMANN (1967) waren die im Frühjahr gefällten Hölzer nach einjähriger Lagerung dreimal so stark von Pilzen befallen wie die im Herbst und Winter gefällten Holzstücke. In erster Linie sind für eine Verfärbung Rotstreifepilze verantwortlich. Für die erhöhte Disposition des Pilzwachstums sind zwei Komponente wesentlich. Einmal die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit des Holzes während der verschiedenen Jahreszeiten, zum anderen die verschiedenen klimatischen Bedingungen, die ein Pilzwachstum fördern oder hemmen. Beide Faktoren können sich, wie unsere Weißemessungen ergeben haben, addieren oder aufheben.

Gesondert wurde untersucht, wie sich Hölzer, die im Wald und Hölzer, die auf einer Freilandfläche gelagert wurden, im Hinblick auf die Weiße verändern. Dabei zeigt sich, daß diejenigen Hölzer, die mit der Rinde im Freien gelagert worden waren, den höchsten Weißeverlust hatten. Dagegen war der Weißeverlust der im Wald mit Rinde gelagerten Hölzer nur sehr gering. Bei der Lagerung ohne Rinde war der Weißeverlust auf der Freilandfläche gering und in der Waldfläche sehr groß. Die Verhältnisse waren hierbei gerade umgekehrt wie bei den Hölzern, die mit Rinde gelagert waren (Darstellung Nr. 13).

Wie unsere Untersuchungen ergeben haben, darf vermutet werden, daß ein Zusammenhang besteht zwischen Holzfeuchte und Holzweiße. Neuere Untersuchungen von AMMER (1963) haben eindeutig einen Zusammenhang zwischen Substratfeuchtigkeit und den für eine Verfärbung verantwortlichen Pilzen nachweisen können. Für unsere Untersuchungen haben wir an zwei Beispielen diese Zusammenhänge überprüft. Als allgemeine Tendenz hatte sich gezeigt, daß auf einem kühl-feuchten Lagerplatz einer Abnahme der Feuchte eine Abnahme der Weiße folgt. Allerdings war bei den in Rinde gelagerten Hölzern die Verminderung der Feuchte und Farbe nur gering. Auf dem feucht-schattigen Lagerplatz wurde eine Verdunstung des Wassers weitgehend verhindert. Die Folge war daher nur ein sehr geringer Pilzbefall. Bei den ohne Rinde gelagerten Hölzern war ein höherer Feuchteverlust festgestellt worden. Das Holz blieb in diesem Fall über längere Zeit in einem für ein Pilzwachstum günstigen Feuchtebereich. Entsprechend beträchtlich war somit der Weißeverlust.

Auf dem trockenen Freilandlagerplatz verloren die entrindeten Hölzer ganz ungemein rasch ihre Feuchte. Der Austrocknungsprozeß verlief so rasch, daß sich keinerlei Entwicklungsmöglichkeiten mehr boten für ein Pilzwachstum und für eine Farbverände-

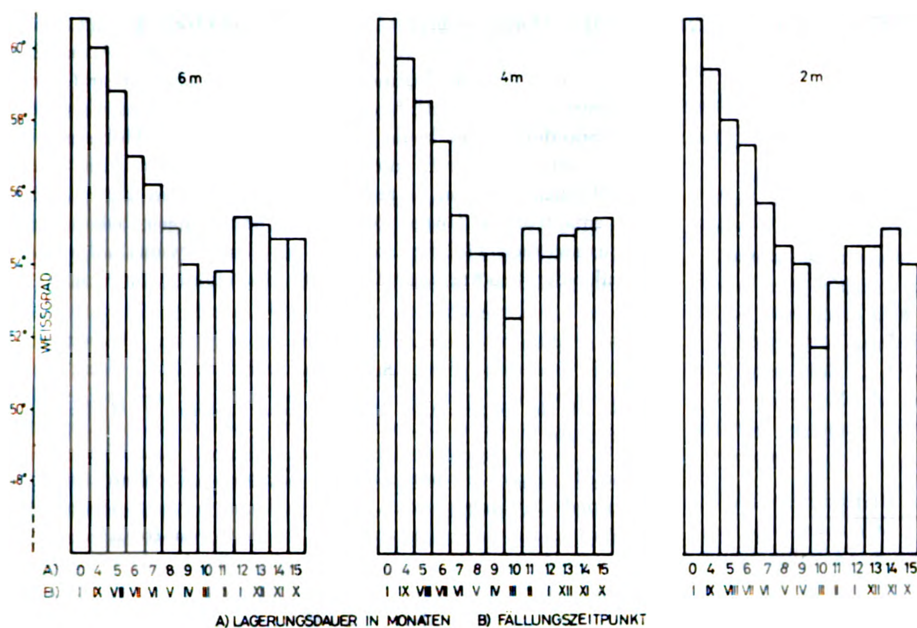



**Abbildung 11**
**Weißgradentwicklung bei verschieden langen Fichten-Schleifhölzern.**

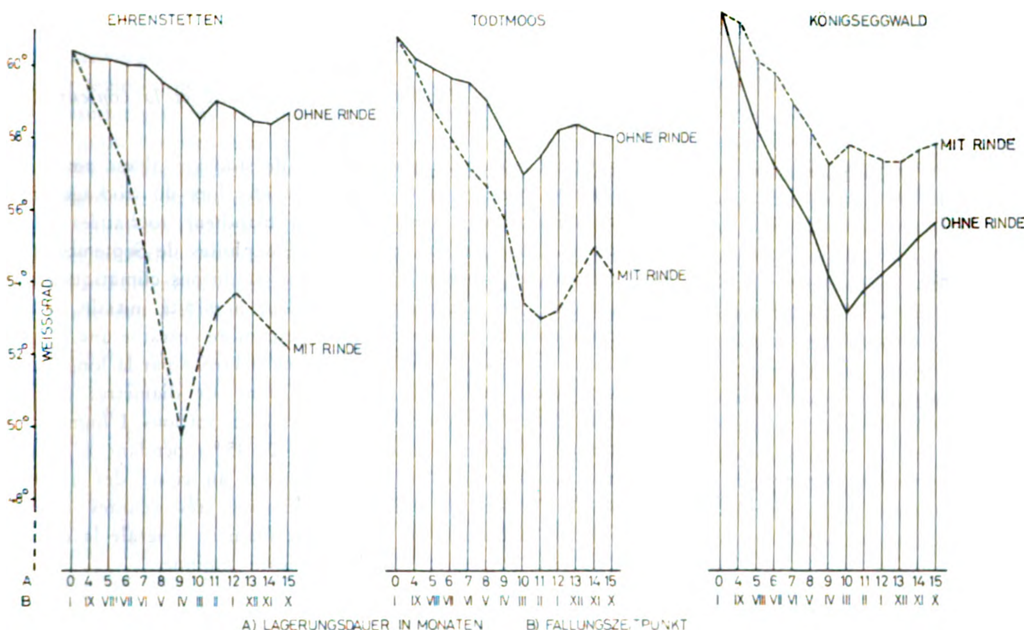



**Abbildung 12**
**Weißgrad-Entwicklung auf verschiedenen Versuchsflächen bei Fichten-Schleifholz.**

rung. Daher war in diesem Fall nur ein ganz geringer Weißeverlust bemerkt worden. Hingegen haben die nicht entrindeten Holzstücke einen sehr großen Weißeverlust erlitten. Die Austrocknung vollzog sich hierbei wesentlich langsamer als bei den entrindeten Hölzern. Wiederum blieb ein für das Pilzwachstum günstiger Feuchtebereich über mehrere Monate erhalten. Die Verhältnisse waren also sehr ähnlich wie bei dem entrindeten Holz bei der Lagerung an einem kühl-feuchten Ort im Wald (Darstellung Nr. 14 oben und unten).

Die Untersuchungen haben also gezeigt, daß durch entsprechende Aufarbeitung — mit Rinde, ohne Rinde — und durch entsprechende Auswahl des Lagerungsortes, die für den Verarbeiter von Schleifholz erwünschte helle Farbe des Holzes weitgehend erhalten werden kann. In einem Fall dagegen, bei der Lagerung von entrindetem Holz auf einer Freilandfläche, wird die hohe Weiße erkauft durch einen weitgehenden Verlust der natürlichen Feuchte. Kritisch ist, wie die Untersuchungen gezeigt haben, jeweils der halbfeuchte Zustand. Dieser wird erreicht, wenn man das Holz entweder in der Rinde auf einem trockenen Lagerplatz oder ohne Rinde auf einem feuchten Platz lagert.

### Zusammenfassung

Je nach Art der Lagerung und Art der Aufarbeitung ist es möglich, bei der Lagerung von Schleifholz die für den Verarbeiter erwünschte hohe Feuchte und hohe Weiße über einen längeren Zeitraum zu konservieren. Alle Hölzer, die von September bis Mai eingeschlagen werden, haben bis Ende Mai unter unseren klimatischen Verhältnissen bei der Lagerung im Walde noch ihre ursprüngliche Feuchte. Eine stärkere Austrocknung erfolgt je nach Lagerort erst in der Zeit von Mai bis September. Während die

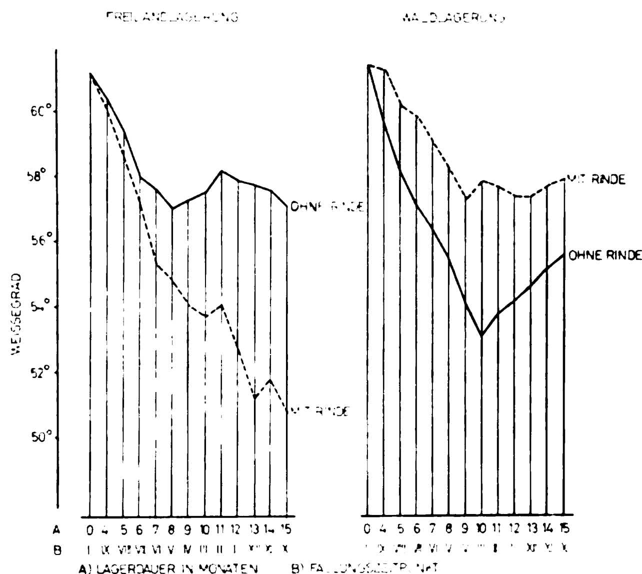



Abbildung 13
Weißgrad-Entwicklung bei unterschiedlicher Lagerung von Fichten-Schleifholz.

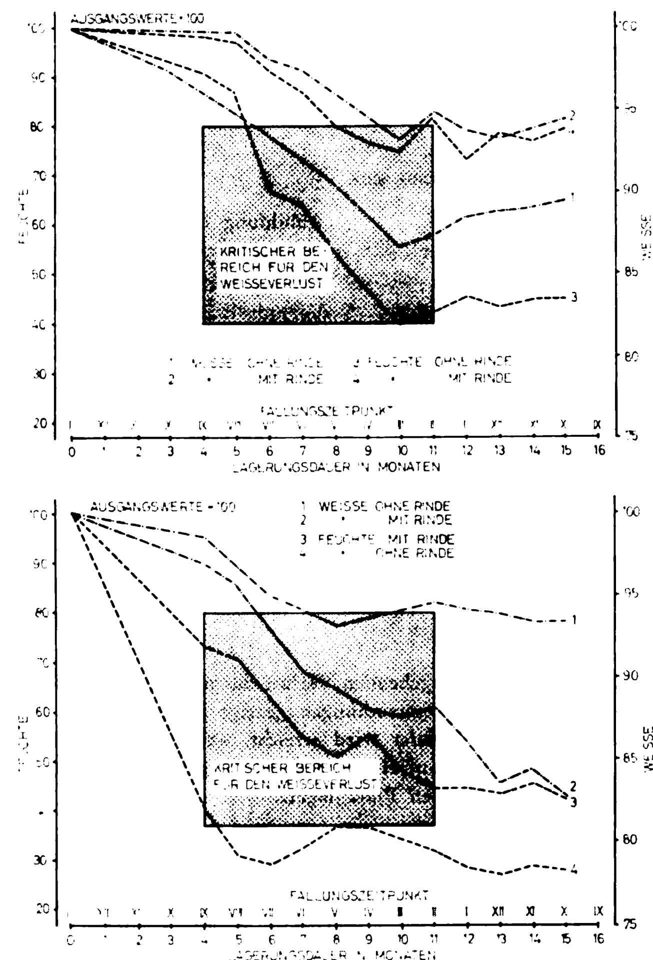



Abbildung 14
Entwicklung von Holzfeuchte und Holzweiße.
Oben: Auf feuchtem Lagerplatz.
Unten: Auf trockenem Lagerplatz.

Länge der Hölzer sich nur geringfügig auswirkt, kommt dem Durchmesser der Hölzer für die Geschwindigkeit der Austrocknung eine erhebliche Bedeutung zu. Deutlich ausgeprägt sind auch die Unterschiede hinsichtlich der Austrocknung bei den verschiedenen Standorten. So bleibt bei nicht entrindeten Hölzern die Feuchte von 40 - 45 % $F_u$ auch während des Sommers über etwa 8 - 10 Wochen erhalten, in der übrigen Jahreszeit ist dieser Zeitraum entsprechend länger. Sehr enge Beziehungen haben sich ergeben zwischen Holzfeuchte und Holzfarbe, wobei allgemein mit sinkender Feuchte auch die Weiße des Holzes abnimmt.


### Summary

Title of the paper: *On Moisture and Colour of Mechanical Spruce Pulp.*

Desired degrees of moisture and lightness of colour can be maintained for long periods. Pulpwood cut between September and May retain the initial moisture in the forest to the end of May when drying commences. Speed of drying is related to diameter and site, but hardly to length of the timber. Wood with bark retains moisture above 40 - 45 % $F_u$ for 8 - 10 weeks in summer and longer during the rest of the year. Moisture content and lightness of colour are very closely and positively correlated.

(E. F. B.)



### Résumé

Titre de l'article: *Recherches sur l'humidité et la couleur de l'épicéa de trituration.*

Suivant les modes d'exploitation et de stockage, il est possible de conserver pendant une longue période, lors du stockage du bois de trituration, l'humidité et la blancheur souhaitées par l'utilisateur. Tous les bois qui ont été exploités de Septembre à Mai, ont encore à la fin Mai, sous nos conditions climatiques et dans les cas d'un stockage en forêt, leur humidité initiale. Seul le stockage dans la période de Mai à Septembre entraine une forte dessication. Le séchage n'est que très peu influencé par la longueur des bois tandis qu'il l'est nettement par leur diamètre; on à également des différences sensibles suivant les stations. L'humidité des bois non écorcés se maintient à 40 - 45 % pendant 8 à 10 semaines pendant l'été et plus longtemps au cours des autres saisons de l'année. Il existe des liaisons très étroites entre l'humidité et la couleur du bois; d'une manière générale la coloration du bois augmente quand l'humidité diminue.

J. M.


### Literatur


AMMER, U.: Untersuchungen über das Wachstum von Rotstreifpilzen in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit. Forstw. Centralblatt 82 (1963). — BRANDAL, J., und JOHANNESSEN, K.: Mechanical pulp from dry and wet wood. Norsk Skogsind. 12 Nr. 7 (1958). — GÄUMANN, E.: Der Einfluß der Fällzeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichten- und Tannenholzes. Zeitschrift d. Schweiz. Forstvereins Nr. 6 (1930). — KNELL, G., WEISS, H., und JEHLE, R.: Bereitstellung und Verwertung von Fichten-Faserholz in Kranlängen. Holz-Zentralblatt (1968). — LÖFFLER, H. D.: Auswertung von Schleiferbüchern. Interner Versuchsbericht, Institut für Forstbenutzung Freiburg (Breisgau) (1967). — MELTZER, K. P.: Das optische Remissionsverhalten ungebleichter Holzschliffe in Abhängigkeit von Weißgrad und Holzfarbe. Dissertation TH Darmstadt (1966). — MONTMORENCY, W.: The moisture in wood as a factor in groundwood process. Pulp and Paper Magazin of Canada Nr. 6 (1964). — NYLNDER, P.: The effect of tree and wood properties on green density and buoyancy. Uppsatz Inst. Virkeslära Kunogl. Skogshögsk. Stockholm (1961). — SCHÄDLER, M.: Planung und Arbeitsweise einer neuen Holzentrindungsanlage. Bericht Fachausschuß Holzstofferzeugung, Albbruck (1967). — SCHWEIZER, K.: Betriebserfahrung bei der Durchtränkung von Schleifholz mit Wasser. Wochenblatt für Papierfabrikation 23/24 (1962).

# Einige Beobachtungen zur Ausbildung des Wurzelsystems tropischer Waldbäume

Aus dem Institut für Waldbau, Lehrstuhl für Naturwaldforschung, tropischen und subtropischen Waldbau

(Mit 5 Abbildungen)

Von MANFRED FÖRSTER, Springe/Deister

Über die Ausformung der Wurzelsysteme unserer heimischen Baumarten liegen z. T. sehr umfangreiche Untersuchungen vor. Demgegenüber gibt es keine bzw. nur sehr oberflächliche Angaben über die Wurzeltracht tropischer Waldbäume. Da sowohl im Hinblick auf ein besseres Verständnis der Biozönose „Tropischer Regenwald" bezüglich seiner Strukturierung als auch vom Gesichtspunkt waldbaulicher Verwendungsmöglichkeiten einzelner Baumarten eine Kenntnis der Verhältnisse wünschenswert erschien, wurden anläßlich eines Arbeitsaufenthaltes in der tropischen Regenwaldzone Kolumbiens (mittleres Magdalenatal, Region Carare-Opón) einige diesbezügliche Beobachtungen durchgeführt. Die Ergebnisse entbehren zwar der Vollständigkeit, sind aber m. E. so interessant, daß es sinnvoll erschien, sie bereits zu diesem Zeitpunkt interessierten Kreisen zugänglich zu machen. Sie deuten nämlich an, daß die Gegebenheiten weitaus komplizierter sind als gemeinhin angenommen.

### Allgemeine Bemerkungen

Im mehr oder weniger unberührten Wald haben wir eine sich im biologisch-ökologischen Konkurrenzgleichgewicht befindliche Pflanzenvergesellschaftung vor uns. Dieser Gleichgewichtszustand findet seinen sichtbaren Ausdruck in den oberirdischen Strukturen. Untersuchungen im europäischen Raum ergaben, daß Gleiches aber auch für den unterirdischen „Bestandes"-Aufbau zutrifft. Die Wurzelkonkurrenz wie auch die artimmanente Ausnutzung verschiedener Bodenschichten sind von erheblichem Einfluß auf die Konkurrenzkräftigkeit der oberirdischen Pflanzenteile. Je nach Wasserhaushalt, Durchlüftung, Bodenstruktur etc. verschiebt sich das Konkurrenzgleichgewicht zugunsten der einen oder anderen Art, die den örtlichen Verhältnissen am besten angepaßt ist.

Betrachtungen über die Wurzelsysteme tropischer Waldbäume befassen sich fast ausschließlich mit dem oberirdisch sichtbaren Phänomen der Brettwurzelbildung. Nach allgemeiner Ansicht ist sie verbunden mit einem flachstreichenden Wurzelsystem und dient der Erhöhung der Standfestigkeit. RICHARDS (1966) stellte dabei in Britisch-Guayana fest, daß "is a close and definite correlation between the size of buttresses in the most abundant species of tree and the type of soil" (RICHARDS, pag. 66). Offenbar bestehen hier aber Differenzen bei der gleichen Art. "In British Guayana Ocotea rodiaei is more constantly buttressed, and also roots nearer the surface, on stiff clayey soils than on porous sandy soils (T. A. W. DAVIS)" (ders., pag. 68). Er kommt dann zu dem Schluß, daß die Durchwurzelung auf Sand tiefreichender sein müsse als auf dichten oder feuchten Böden. Zahlenwerte, auch geschätzte, wurden aber nicht gegeben.

Dazu fanden sich nur 2 Daten. BÜNNING (nach WALTER 1964) schätzt die maximale Durchwurzelungstiefe auf 75 cm. ELLENBERG (1959) nimmt demgegenüber für den Urwald der peruanischen Amazonasniederung eine Tiefe von 10 bis 20 cm an. Obwohl WALTER (1964) letztere Angabe mit Recht in Zweifel zieht, spricht er doch immer wieder von flachen Wurzelsystemen. Dabei wird von der Beobachtung ausgegangen, daß die Wurzelteller geworfener Stämme flach seien. Zum ersten werden aber i. d. R. nur die flachwurzelnden Stämme geworfen, andererseits reißen dabei Teile des Wurzelsystems ab, so daß allgemeine Schlüsse aus den speziellen Fällen zweifelhaft bleiben müssen. Wesentlich begründeter scheint die Annahme, wenn sie davon ausgeht, daß die nährstoffreichste Schicht des Bodens die oberste ist, sich die Wurzeln also in erster Linie danach orientieren. Es fällt immer wieder auf, in welch starkem Maße die Waldbodenoberfläche von Wurzeln durchzogen wird. Daß dies aber nicht notwendigerweise eine Folge allgemeiner Flachwurzeligkeit sein muß, wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß z. B. im untersuchten Waldtyp der Carare-Region neben den Repräsentanten der Baumschichten (380 bis 650 Stück pro ha) in der Strauch- und Krautvegetation 4000 bis 6000 Individuen der Holzgewächse auf dem Hektar vorhanden sind, die von Natur aus in den oberen Zonen wurzeln.

Viele strukturelle Merkmale des tropischen Regenwaldes wären nur schwer erklärbar, nähme man eine ausschließliche Flachwurzeligkeit aller Arten an. Man muß sich vergegenwärtigen, daß die Bäume des Regenwaldes auch bei 3000 mm und mehr Niederschlag infolge der Verteilung wie auch der Stärke der Regenfälle zeitweise außerordentlichen Extremen ausgesetzt sind. Dies gilt vor allem für die Repräsentanten der Ober- und Mittelschicht. Hohe Lufttemperaturen in Verbindung mit der sehr intensiven Sonneneinstrahlung am Tage führen trotz aller Anpassungserscheinungen in der Blattstruktur zu hohen Transpirationsverlusten, so daß in ausgedehnten Zeiten der Wasserbedarf aus dem Boden gedeckt werden muß. Es sollte ferner daran gedacht werden, daß von den Niederschlägen ein nicht unerheblicher Teil durch Interception in dem vielschichtig aufgebauten Kronendach verlorengeht. Mithin würde m. E. eine einseitige Bodenaufschließung die hohen Individuenzahlen sowie die Vielschichtigkeit in der Vertikalstruktur kaum zulassen. Es bleibt aber noch folgende Frage zu stellen. Wie soll man es sich erklären, daß im gleichen Gebiet auf einem Standortstyp auch an Hanglagen verhältnismäßig häufig Windwürfe beobachtet werden, diese aber in einem anderen Standortstyp vollständig fehlen? M. E. kann man diese Erscheinung nur mit einem unterschiedlichen, vom Boden verursachten Durchwurzelungsverhalten der Bäume in Zusammenhang bringen. In unseren Wäldern gibt es Baumarten, die auch dichte, sauerstoffarme Böden intensiv aufschließen, während andere Arten diese Fähigkeit nicht besitzen. Man denke hier nur an das Verhalten von Buche und Eiche auf dichten Böden. Warum sollten daher tropische Waldbäume nicht ähnliche Differenzierungen aufweisen? Diese Gegebenheit scheint sich nach den vorliegenden Beobachtungen zu bestätigen.

### Die aufgegrabenen Wurzelsysteme

Die Grabungen erfolgten auf zwei verschiedenen Standorten. Aus zeitlichen und technischen Gründen war die Vergleichsgrabung aber nur für eine Art möglich:

Der Standort 1 war eine Mittel- bis Oberhanglage. Der Boden zeigte folgenden Aufbau:

| | |
|---|---|
| 0 - 10 cm | schwärzlich-ockerfarbener, schwach sandiger lehmiger Ton, mäßig frisch, humos |
| 10 - 30 cm | rötlich-ockerfarbener, schwach sandiger Ton, dicht und fest gelagert, Polyedergefüge, mäßig frisch, mit Humusinfiltration |
| ab 30 cm | roter Ton, sehr festes Polyedergefüge, mäßig frisch |

Beim Standort 2 handelte es sich um eine Unterhang- bis Tallage. Der Boden wies folgende Schichtung auf:

0 - 10 cm schwarzgrauer, humoser, sandiger Lehm mit 40 bis 60 % Kiesanteil, sehr frisch bis feucht (durch Tageswasserrückstau).

10 - 25 cm grauweißer, sehr schwach rostfleckiger, sandiger Ton mit etwa 10 % Kiesanteil, verdichtet, Polyedergefüge, sehr frisch

ab 25 cm grauweißer sandiger Ton, partiell schwach rostfleckig, dichtes und festes Polyedergefüge, mäßig frisch bis frisch.

a) Abarco (Cariniana pyriformis, Lecythidaceae) Abb. 1 - 3

Die Hauptwurzeln des Abarco sind ausgeprägt oberflächenorientiert. Mit 20 bis 25 m radialer Ausdehnung entspricht der Umfang des Wurzelsystems etwa dem Kronenbereich. Die Länge der Hauptwurzelstränge kann dabei (vgl. Abb. 3) bis 40 m erreichen. Einschließlich aller Verzweigungen dürfte das Oberflächensystem eines Hauptstranges ca. 300 bis 500 m Gesamtlänge aufweisen. Vor allem die Endverzweigung ist sehr intensiv. Ein dichtes Wurzelnetz durchzieht den Oberboden.

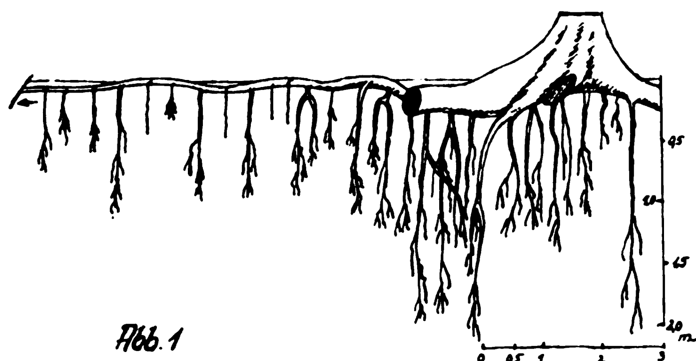
Von diesen Primärwurzeln gehen sekundäre Abzweigungen in die Tiefe. Sie erreichen im Maximum 2 m. Selbst an nur 1 cm starken Verzweigungen wurden noch 60 cm lange Absenker beobachtet. Dabei geht die Baumart auf dem besser belüfteten und strukturell lockeren Boden des Standortes 2 weiter in den Untergrund. Hier wurden die obigen Maximalwerte ermittelt (vgl. Abb. 1). Demgegenüber setzt der dichte Tonboden der Hanglage der Durchwurzelung offenbar stärkere Hindernisse entgegen. Bei etwa gleichem Brusthöhendurchmesser des Stammes war die maximale Eindringtiefe der Absenker 1,5 m. Außerdem wichen sie in ihrer Orientierung z. T. stärker von der Senkrechten ab (vgl. Abb. 2).

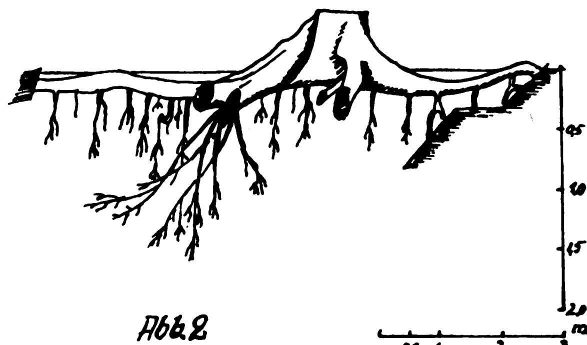
Das ausgeprägte Oberflächenwurzelsystem (keine Brettwurzeln) bedingt, daß die Art bei hohem Wasserverbrauch der Großbäume auf frische bis feuchte Standorte angewiesen ist. Im Gebiet Carare-Opón ist sie mehr oder weniger streng auf Mittel- bis Unterhang- sowie Tallagen beschränkt. Es bleibt zu erwähnen, daß die Art ein sehr schönes Beispiel für die Einhaltung des Gesetzes der relativen Standortskonstanz darstellt. Im Gebiet des Rio Atrato (Nordwest-Kolumbien) geht sie mit der Steigerung der Niederschläge bevorzugt auf die Oberhang- und Kuppenlagen (Romero A., Medellin, ex verb.).

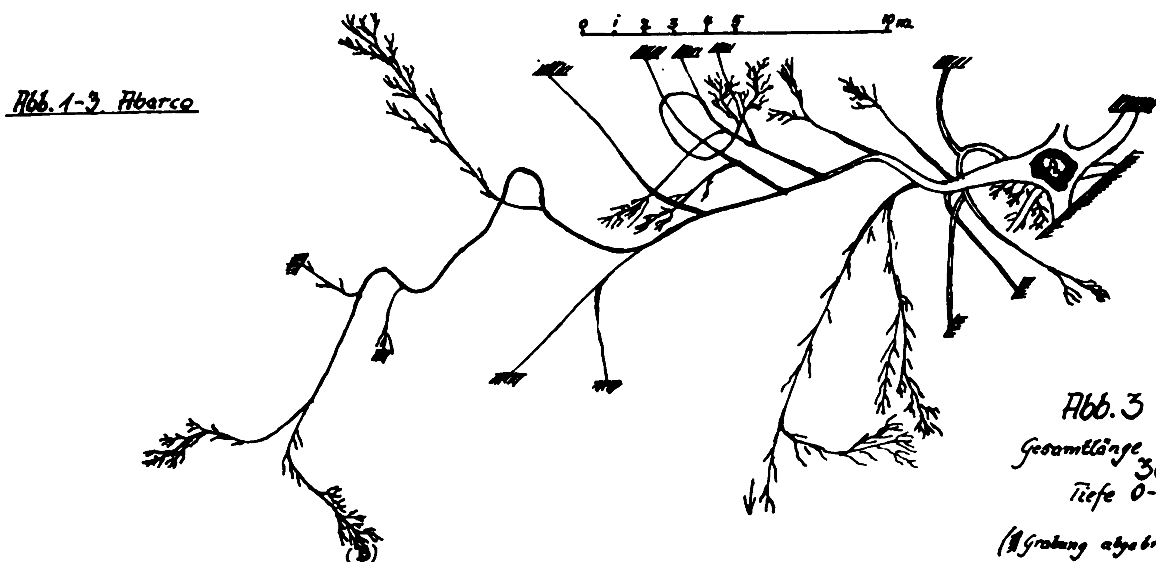
b) Sapán (Clathotropis brachypetala, Papilionaceae) Abb. 4

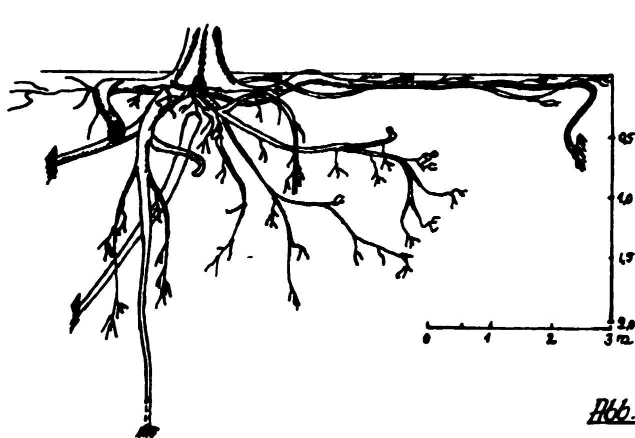
Von dieser wie auch von der folgenden Art wurde das Wurzelsystem nur auf Standort 1 ausgegraben. Der Sapán zeigt gegenüber dem Abarco ein völlig anders gestaltetes Wurzelbild. Trotz des sehr dichten Bodens gehen die Wurzeln zum überwiegenden Teil in die Tiefe. Ein aufgegrabener Wurzelstrang wies in 2,8 m Tiefe und bei weiterhin senkrechter Orientierung noch 7 cm Durchmesser auf. Es kann daher ohne weiteres angenommen werden, daß die maximale Wurzeltiefe 3,5 m erreicht. Im Umfang entspricht das Wurzelsystem etwa der Kronenausdehnung (Radius 8 bis 10 m).

Feinverzweigung war hier überall zu beobachten. Am ausgeprägtesten trat sie jedoch in den oberen 10 bis 15 cm im Umkreis von 3 bis 5 m um den Stammfuß in Erscheinung. Im Gegensatz zum Abarco nutzt also der Sapán, vor allem wohl für seine Wasserversorgung, auch die tiefsten Bodenschichten aus. Es ist





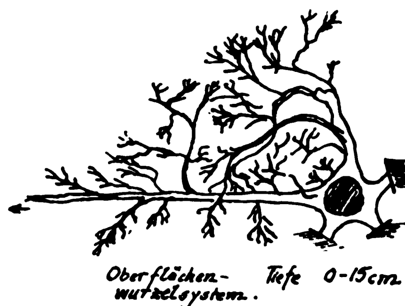




Abb. 4 Sapán

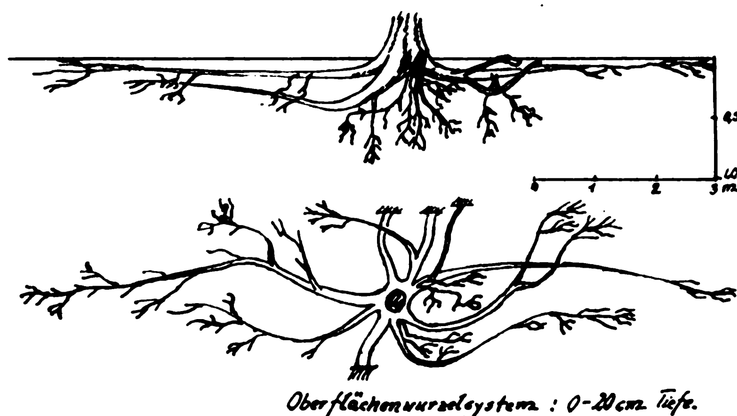



Abb. 5 Marfil

daher erklärlich, daß er unter den gegebenen Standortsverhältnissen die häufigste Baumart des untersuchten Waldtypes ist.

c) Marfíl (Homalium spec., Flacourtaceae (?)) Abb. 5

Hier konnte nur die Wurzel eines vergleichsweise jungen Stammes ausgegraben werden. Der Umfang entsprach etwa dem Kronenbereich. Die Hauptwurzelstränge sind mehr oder weniger horizontal orientiert. Sie lagen jedoch tiefer im Boden als beim Abarco. Es fehlte, was u. U. nicht die Regel ist, das ausgeprägte Feinwurzelsystem des Oberbodens. Vielmehr wiesen die Feinwurzeln eine stärkere Orientierung zu tieferen Bodenschichten hin auf. Aus der Beobachtung des Verlaufes der Hauptwurzelstränge kann der Schluß gezogen werden, daß die heutigen Feinwurzeln mit zunehmender Stärke in die Horizontale umbiegen. Die Folge wäre eine mit zunehmendem Alter stattfindende Vertiefung des Wurzelsystems. Während nämlich die Gründigkeit im vorliegenden Falle maximal 70 cm betrug, konnte an anderer Stelle an einem älteren Stamm eine Tiefe von etwa 1 m festgestellt werden.

Generell wurzelt die Baumart also etwa im Bereich zwischen Abarco und Sapán. Am auffälligsten war dabei die Beobachtung, daß neben dem Abarco (Abb. 2) ein Marfíl stand, dessen Wurzeln den Bereich unterhalb der Abarcowurzeln durchzogen. Im ganzen erscheint die Art den Standortsbedingungen ähnlich gut angepaßt wie der Sapán. Auch sie gehört mit zu den häufigsten Arten des Waldtypes.

Die wenigen Daten zeigen bereits, daß wir es im tropischen Regenwald offenbar mit ähnlich gelagerten Verhältnissen zu tun haben wie im europäischen Wald. Die Nutzbarmachung der Wasservorräte in verschiedenen Bodenschichten spielt für das Auftreten und die Häufigkeit bestimmter Baumarten wie auch für die Mischungsverhältnisse resp. das Konkurrenzgleichgewicht eine große Rolle.

Der Waldbau muß derartige Gegebenheiten berücksichtigen, wenn er biologisch stabile Bestände aufbauen will. Die Begründung von Rein- oder Mischbeständen mit flachwurzelnden Arten stellt unter bestimmten Standortsverhältnissen eine einseitige Belastung des Wasserhaushaltes dar, die von gewissen Altersstufen an wie auch in Extremjahren zu Ausfällen führen muß. Zudem ist eine volle Ausnutzung der Produktionskräfte nicht mehr gegeben. Es werden sicher im Laufe der Bestandesentwicklung andere u. U. unerwünschte Arten des Regenwaldes die „ökologischen Lücken" auffüllen.

Am sinnvollsten erscheint daher unter dem Ziel einer maximalen Ausnutzung der Standortskapazitäten eine Mischung von Arten, die die verschiedenen Bodenschichten aufschließen, d. h. ein in seinen Zielsetzungen am Primärwald orientierter, standortsgerechter Waldbau.

### Zusammenfassung

Im Regenwaldgebiet des Magdalenatales in Kolumbien, Region Carare-Opón, wurden innerhalb eines Waldtypes an 3 Baumarten Wurzelgrabungen durchgeführt. Sie können jedoch infolge ihrer geringen Zahl nur einen ersten Eindruck vermitteln.

Es wurde festgestellt, daß die bisher angenommene, mehr oder weniger ausgeprägte Flachwurzeligkeit der Bäume im tropischen Regenwald offenbar nicht den natürlichen Gegebenheiten entspricht. Vielmehr besitzen die untersuchten Arten Abarco (Abb. 1 - 3), Sapán (Abb. 4) und Marfíl (Abb. 5) recht verschieden gestaltete Wurzelsysteme.

Der unterschiedliche Aufschluß des Bodens und seiner Wasservorräte beeinflußt zweifellos das Auftreten und die Mischungsverhältnisse, d. h. das Konkurrenzgleichgewicht innerhalb der Bestände. Der tiefwurzelnde Sapán gehört auf allen Standorten des Waldtypes zu den häufigsten Baumarten. Demgegenüber hat der Abarco mit flachstreichendem Wurzelsystem seinen Verbreitungsschwerpunkt auf gut wasserversorgten Böden der Mittel- bis Unterhang- und Tallagen.

Für das Verständnis der Waldstrukturen sowie für den Waldbau und seine Planungen sind derartige Kenntnisse von großer Bedeutung. Es bleibt zu hoffen, daß die vorliegende kurze Mitteilung in zunehmendem Maße die Aufmerksamkeit auf diese so wichtige Frage lenken wird.


**Summary**

Title of the paper: *Some observations on the root system of tropical tree species.*

Roots were excavated of three rain forest tree species in a forest type of the tropical lowland rain forest of the Magdalen valley, Colombia. The few observation indicate great variability of rooting between species. Abarco (fig. 1 - 3) is shallow-rooted and occurs on well water supplied soils of lower slopes and foothills. Sapan (fig. 4) is deeprooted and dominates on all sites within the forest type.

Also in this area of tropical rain forest, root systems are more divers and often deeper rooted than formerly believed. Rooting habits have great ecological significance in natural and managed forests. Knowledge of rooting habits of species is indispensable for silviculture, but little is known in this respect about rain forest tree species and much more research is needed. E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Quelques observations sur le développement du système racinaire des essences tropicales.*

Dans la zone de forêt ombrophile de la vallée de la Magdalena en Colombie, région de Carare-Opòn, on a creusé des fosses en vue de l'étude de l'enracinement de 3 essences tropicales dans un certain type de peuplement; compte tenu du faible nombre de fosses, on ne pouvait espérer recueillir que des premières indications.

Jusqu'ici il était couramment admis que les essences de la forêt ombrophile avaient un enracinement plus ou moins superficiel; on a pu établir qu'il n'en était pas ainsi dans les conditions naturelles. En outre, les trois essences étudiées, Abarco (figures 1 à 3) Sapan (figure 4) et Marfil (figure 5) ont des systèmes radiculaires nettement différents.

La composition des forêts et le mélange des essences, autrement dit le niveau de la concurrence à l'intérieur du peuplement sont manifestement sous la dépendance des qualités du sol: pénétrabilité et réserves en eau. Dans toutes les stations du type de forêt étudié le Sapan avec son enracinement profond constitue toujours l'essence la plus fréquente. Par contre l'Abarco dont l'enracinement est superficiel est surtout présent là où les réserves en eau du sol sont bonnes: milieu et bas de versants et fonds de vallées.

Des données de cet ordre sont de la plus haute importance pour comprendre la structure des forêts ainsi que pour la sylviculture et sa planification. Il reste à espérer que cette courte communication attirera plus largement l'attention sur cette question essentielle. J. M.


**Literatur**


Christen, H. v.: Algunas consideraciones sobre las bases y las posibilidades de la regeneración en el bosque higrofitico tropical en el Carare. Mscr. Bogotá, 1969. — Ellenberg, H.: Typen tropischer Urwälder in Peru. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen, 1959. — Förster, M.: Der Standort in seiner Auswirkung auf die physiognomische und floristische Struktur von Waldgesellschaften. Allg. Forst- u. Jagdz., 141, Nr. 1, 1970. — Lamprecht, H.: Tropenwälder und tropische Waldwirtschaft. Beih. Zeitschr. Schweiz. Forstvereins Nr. 32 Zürich 1961. — Ders.: Ensayo sobre la estructura floristica de la parte sur-oriental del bosque universitario „El Caimital", Estado Barinas. Revista Forestal Venezolana, A. VI, Nos. 10/11. Mérida, 1964. — Ders.: Über Strukturanalysen im Tropenwald. Beih. Zeitschr. Schweiz. Forstvereins Nr. 46 Zürich 1969, Festschrift H. Leibundgut. — Richards, P. W.: The Tropical Rainforest. Cambridge 1966. — Walter, H.: Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung, Bd. I. Die tropischen und subtropischen Zonen. Stuttgart 1964.


## Buchbesprechung

**Internationales Symposium „Hundert Jahre Saatgutprüfung 1869 - 1969". 24.** Sonderheft zur Zeitschrift „Landwirtschaftliche Forschung". J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main 1970. X und 207 S. mit 47 Abb. und 49 Tab. Kartoniert DM 50,60.

Die 100jährige Wiederkehr der Begründung wissenschaftlicher Saatgutprüfung durch Professor Friedrich Nobbe war für die Fachgruppe Samenkunde und Saatgutprüfung des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten Anlaß, im September 1969 in Würzburg ein „Internationales Symposium ‚100 Jahre Saatgutprüfung'" durchzuführen.

In dem vorliegenden Band wird der Originaltext der Fachvorträge während des Internationalen Symposiums zusammen mit den Vorträgen der Öffentlichen Vortragstagung veröffentlicht.

Es handelt sich um insgesamt 28 Vorträge, hiervon 7 in englischer und 1 in französischer Sprache. Alle Vorträge haben Zusammenfassungen in Deutsch, Englisch und Französisch. Von unmittelbarer forstlicher Bedeutung sind die Beiträge von E. Rohmeder über einige Erfahrungen aus 33jähriger forstlicher Samenprüfung, J. Machaníček über die röntgenologische Bestimmung der Lebensfähigkeit der Zirbelkiefer- und Hagebuchenüßchen sowie die langfristige Aufbewahrung von Forstsamen, A. von Schönborn über die Lebenstätigkeit von Samen, die sich im Zustand ruhenden Lebens befinden, S. K. Kamra über den Einfluß von Temperatur, Photoperiode und Feuchtigkeitsgehalt des Substrats auf die Keimfähigkeit von Pinus selvestris- und Picea abies-Samen sowie H. Bartels zur Frage der Kardinalpunkte der Keimtemperatur bei Picea abies und Pinus silvestris.

Die Beiträge vermitteln ein eindrucksvolles Bild von dem hohen Stand der wissenschaftlichen Samenkunde und Saatgutprüfung und damit von den Fortschritten, die seit ihrer Gründung innerhalb eines Jahrhunderts erzielt wurden. H. Schmidt-Vogt

---


Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

**Postbezieher der AFJZ** werden gebeten, Fehllieferungen oder das Ausbleiben (Nichtlieferung) der Zeitschrift stets umgehend zunächst bei ihrem zuständigen Postamt, nicht beim Verlag, zu reklamieren.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG






INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



141. JAHRGANG 1970 HEFT 10 OKTOBER

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.





**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 10 des 141. Jahrganges sind:**

Dr. W. E. Blum, Institut für Bodenkunde der Universität Freiburg, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Dr. D. Böhlmann, 41 Duisburg-Großenbaum, Am Golfplatz 20

Dr.-Ing. Vladimir Biskupsky, Bratislava, p/a. Ofm. Dr. G. Seibt, 34 Göttingen, Grätzelstraße 2

Dr. Zlatko Gračanin, Institut für Bodenkunde der Universität Freiburg, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Professor Dr. Dr. Dr. h. c. Kurt Mantel, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Dozent Dr. Mustaffer Selik, 24, Sturgeon Road, London, S. E. 17, England

**Die Buchbesprechung erfolgte von:**

Professor Dr. R. Schober, 34 Göttingen, Ludwig-Beck-Straße 9

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Anatomisch-histologische Untersuchungen im Bereich der Astabzweigung bei Nadel- und Laubbäumen

## II. Die Verhältnisse im Abzweigungsbereich der Kurztriebe von Larix und Pinus

Aus dem Institut für Biologische Holzforschung der Universität Freiburg i. Br.

(Mit 9 Abbildungen)

Von Dietrich Böhlmann

### Einleitung

Die Lärche gehört zu den wenigen Nadelbäumen, die ihre Seitenachsenanlagen weitgehend nur kurztriebartig ausbilden. Nur aus einer kleinen Anzahl apikal inserierter Knospen gehen Langtriebe hervor, jedoch erst, nachdem sie nach der Knospenöffnung zunächst noch etwa 4 Wochen lang als Kurztriebe gewachsen waren (Büsgen/Münch 1927). Sie bilden also vor dem Durchtrieb noch einen typischen Kurztrieb-Nadelkranz. In den Folgejahren können ganz vereinzelt noch Kurztriebe zu einem, jedoch verhältnismäßig schwachen Langtrieb durchtreiben. Die sitzenbleibenden Kurztriebe bilden 4 - 6 Jahre hintereinander nur Nadelkränze. Nach dieser Zeit stellt die überwiegende Zahl der Kurztriebe seine Wachstumstätigkeit ein. Vereinzelt konnten aber noch lebende Kurztriebe an 9- bis 10jährigen Trägerachsen beobachtet werden.

Pinus ist gegenüber den anderen Pinaceen in morphologischer und anatomischer Hinsicht ein eigenartiger Baum. Er weicht in vielen Merkmalen von den anderen Pinaceen ab. So besitzen die Kiefernarten beispielsweise heterogene Strahlen, riesige Fenstertüpfel, ferner ein stets unverholztes Parenchym im Holzkörper und bis zu fünf, nur auf Kurztrieben stehende Nadeln.

Um diesen „Kurztrieb" der Kiefer gibt es schon seit jeher divergierende Ansichten. Die Morphologen sprechen sich aufgrund mehrerer äußerer Merkmale für den Kurztrieb aus: Die Vielzahl der Nadeln an einem Ursprungsort, die zahlreichen, zur Nadelscheide vereinten Niederblätter und der Abgang dieser scheidig vereinten Blätter aus der Achsel eines, hier zwar recht unscheinbaren Tragblattes — der Deckschuppe — lassen nach ihrer Meinung keine andere Deutung zu. Denjenigen, die den Abgangsbereich jedoch einer zusätzlichen anatomischen Untersuchung unterzogen und z. B. mit den Blattspuren anderer Pinaceen verglichen, kamen erste Zweifel. Sie klingen bei Goebel (1928) und bei Kestel (1961) an.

*Material und Methoden* siehe 1. Veröffentlichung (AFJZ 1970, H. 7).

### Ergebnisse

#### *1. Der Kurztriebabgang von Larix decidua Mill.*

Die anatomisch-histologischen Untersuchungen des Abzweigungsbereiches der Kurztriebe von Larix ergaben, daß sie grundsätzlich wie jede Seitenachse der Pinaceen mit der Trägerachse verbunden sind. Aufgrund des Kurztriebcharakters der Seitenachsen ergeben sich für diese jedoch einige Abweichungen.

Wie im I. Teil beschrieben, besitzt der Langtrieb der Pinaceen in der Achsel des ersten und zum Teil auch des zweiten Jahresringes des Holzkörpers und analog im Bast einen direkten Anschluß zum apikalen Teil der Trägerachse. In den anschließenden Jahresringen kann dann eine „Störzone" festgestellt werden, die diese direkte Verbindung unterbricht.

Bei Kurztrieben der Lärche kann dagegen, auch wenn diese 8 - 9 Jahre alt werden, in jedem Jahresring eine Verbindung nach oben beobachtet werden (Abb. 1). Es existiert somit ein bleibender Anschluß zum apikalen Teil der Trägerachse. Der Anschluß nach oben wird aber bei den älter werdenden Kurztrieben teilweise aus dem Medianbereich seitlich in sagittale Bereiche abgedrängt (Abb. 2).

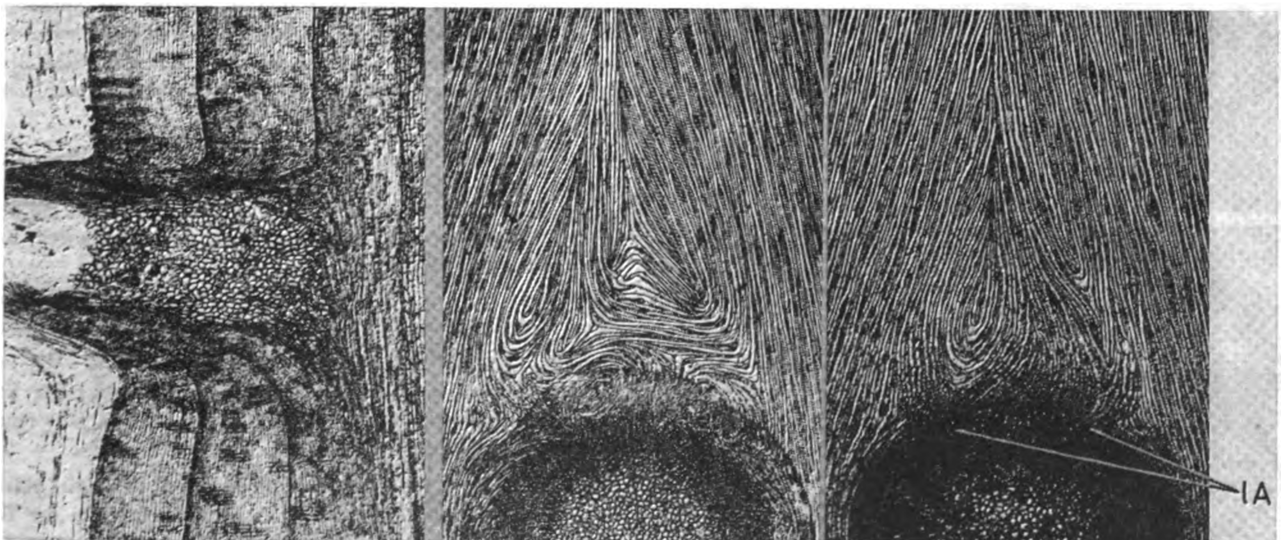



Abbildung 1

Larix decidua. Der Längsschnitt durch den Abzweigungsbereich eines 3jährigen Kurztriebes zeigt in der Achsel den bleibenden Anschluß nach oben (25 x).

Abbildung 2

Larix decidua. Gegenüberstellung der Abzweigungsachseln über einem Langtrieb (= durchgetriebener Kurztrieb, links) und einem Kurztrieb (rechts). Der Kurztrieb besitzt einen bleibenden Anschluß nach oben, der bei älteren Kurztrieben teilweise aus der Mediane in laterale Bereiche verlagert wird (IA = laterale Anschlüsse). Beim Langtrieb wird diese Verbindung durch Verwirbelungen in der Achsel über der Seitenachse unterbrochen (32 x).




Abbildung 3
Die Abbildung zeigt die Störzone (Stz) in der Achsel eines durchgetriebenen Kurztriebes von Larix. Sowohl die Elemente des Holzes als auch die des Bastes sind hier teilweise quer getroffen (35 x).



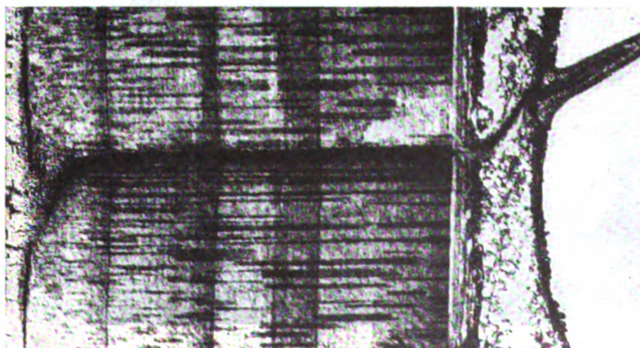


Abbildung 4 (oben)
Pinus sylvestris. Spuranschluß eines 3jährigen Kurztriebes (15 x).

Abbildung 5 (unten)
Abies nordmanniana. Blattspuranschluß 3jähriger Nadeln (8 x).

Erst wenn ein solcher Kurztrieb im zweiten, dritten oder späteren Jahr noch zu einem Langtrieb durchtreibt, kann in der Achsel der Abzweigung die besagte „Störzone" beobachtet werden (Abb. 3). Die direkte Verbindung zum apikalen Teil der Trägerachse wird dadurch unterbrochen.

Die Kurztriebe der Lärche gehen in einem fast rechten Winkel von der Trägerachse ab. Aufgrund der gestauchten Achse der Kurztriebe enden die in sie hineinziehenden Jahresringe sehr bald. Sie haben die Form eines spitzen Kegels. Die inneren Jahresringkegel eines älteren, noch lebenden Kurztriebes können von dem Holzkörper der Trägerachse schon überwachsen sein.

Das Mark der Kurztriebachse zeigt eine sich jährlich gleichartig wiederholende Zonierung. Mit der Bildung des Nadelkranzes werden vom Markmeristem im Frühjahr axial-prosenchymatisch gestreckte Parenchymzellen gebildet, die zum Teil strahlenartig nach außen in die die Nadelspuren begleitenden Parenchymlücken ziehen. Daran anschließend werden vom Markmeristem bis zum Jahrestriebende wieder normale isodiametrische Markzellen gebildet. Eigenartigerweise werden regelmäßig in der Jahrestriebmitte ein Teil der Markparenchymzellen sklerenchymatisiert. Der Markkanal eines Jahrestriebes wird — im Gegensatz zu der Markendkappe einer Knospe von Pseudotsuga — napfförmig abgeschlossen. Das Markparenchym des gesamten Kurztriebes ist im Gegensatz zum Mark der Trägerachse (Langtrieb) verholzt. Aufgrund dieser rhythmischen histologischen Differenzierung könnte man von Früh- und Spätmark sprechen.

*2. Der Kurztriebabgang von Pinus sylvestris L.*

Bei einem Vergleich der typischen anatomisch-histologischen Verhältnisse des Kurztriebes von Pinus mit denen des Abzweigungsbereiches der Langtriebe der Pinaceen und vor allem mit denen des Kurztriebes von Larix, kann festgestellt werden, daß keine Ähnlichkeiten bestehen. Vergleicht man dagegen den Abgang des Pinus-Kurztriebes mit Blattspuranschlüssen, beispielsweise von Douglasie und Tanne, so können gewisse Ähnlichkeiten festgestellt werden (Abb. 4 und 5).

Der Kurztriebanschluß der Kiefer biegt, vom Mark ausgehend, nach außen und durchzieht, fast rechtwinklig zum axialen Verlauf der Trägerachse, das umgebende, dem Anschluß ausweichende tracheidale Gewebe. Bei Erreichen des Kambiums biegen die Spuren nach oben um und ziehen in schrägem Verlauf zur Sproßoberfläche und Insertionsstelle der Nadeln. Beim Übergang in den Bast gesellen sich die Siebelemente zu den Spurtracheiden. Eine Blattspur von Abies oder Douglasie zeigt den gleichen Verlauf (vergl. Abb. 4 und 5).

Die eigentlichen Blattspuren von Pinus gliedern sich vor der Insertionsstelle unterschiedlich für haploxyle oder diploxyle Pinusarten weiter auf (Abb. 8). Bei Pinus sylvestris teilt sich die Spur in zunächst zwei breitere Bündelpaare, die sich dann jeweils noch einmal untergliedern.

Vor dem Abgang und der Abgliederung der Blattspurbündel gehen vom Kurztrieb noch nacheinander die einfachen Bündel der Deckschuppe und der Niederblätter der Nadelscheide ab.

Das Kambium des Tragsprosses geht direkt in das der Spur des Pinus-Kurztriebes über, was für den von Jahr zu Jahr erneuten Anschluß wichtig ist.

Die Nadeln der Kiefer werden oft bis zu 3 Jahre alt, vereinzelt sogar 4 Jahre. Jedes Jahr ziehen einige Tracheiden der Trägerachse in die Spur hinein. Wieviele es sind und inwieweit sie Anschluß bis in die Nadel hinein haben, konnte nicht festgestellt werden. Als sicher kann jedoch gelten, daß die Nadelbündel der Kiefer einen jährlichen Zuwachs haben, der bei einem Vergleich zwischen einer ein- und vierjährigen Nadel zu einer Verdoppelung der Durchmessergröße des Bündels führen kann (vergl. Frank 1864, Strasburger 1891). Der größere Anteil dieses Zu-

wachses entfällt dabei auf den Siebteil. Vergleicht man die Zahl der Elemente an der Basis eines Blattbündels einer jungen und einer alten Kiefernnadel, so erhält man folgende Werte: Die junge Nadel besitzt in einer radialen Reihe etwa 4 Tracheiden und 6 Siebzellen, die alte Nadel 6 Tracheiden und 24 Siebzellen, von denen natürlich nur ein Teil, wahrscheinlich nur die letztjährigen, funktionstüchtig sind. Ähnlich, wenn auch nicht mit so ausgeprägten Unterschieden zwischen Sieb- und Holzteil, sind die Zuwachsverhältnisse in der Kurztriebspur zwischen der Insertionsstelle der Nadeln und dem Übergang in die Trägerachse. Jahresringgrenzen sind in dem Bereich der Kurztriebachse nicht zu erkennen, denn der Holzteil der Spur besteht einheitlich aus Schraubentracheiden. Beim normalen Seitentrieb und dem Kurztrieb von Larix sind Jahresringgrenzen dagegen ganz klar zu erkennen, weil Früh- und Spätholztracheiden gebildet werden.

Der alljährliche erneute Anschluß ist notwendig, weil die älteren Tracheiden aufgrund des Zuwachses der Trägerachse allmählich zerreißen. Die in die Spur hineinziehenden Tracheiden entspringen vornehmlich dem Frühholz.

Beim Übergang in die Kurztriebspur gehen die Hoftüpfeltracheiden in schraubig versteifte Tracheiden über (Abb. 6). Diese Erscheinung ist allerdings typisch für ein Blattspurbündel. In der Nadel selbst werden dann, bis auf die ursprünglichen primären Xylemelemente, wieder Hoftüpfeltracheiden angetroffen. Mit dem Eintritt in die Spur verengen sich die Tracheiden; sie sind wesent-



Abbildung 6

Pinus sylvestris. Die in die Kurztriebspur einschwingenden Hoftüpfeltracheiden gehen in Schraubentracheiden über (10 x).

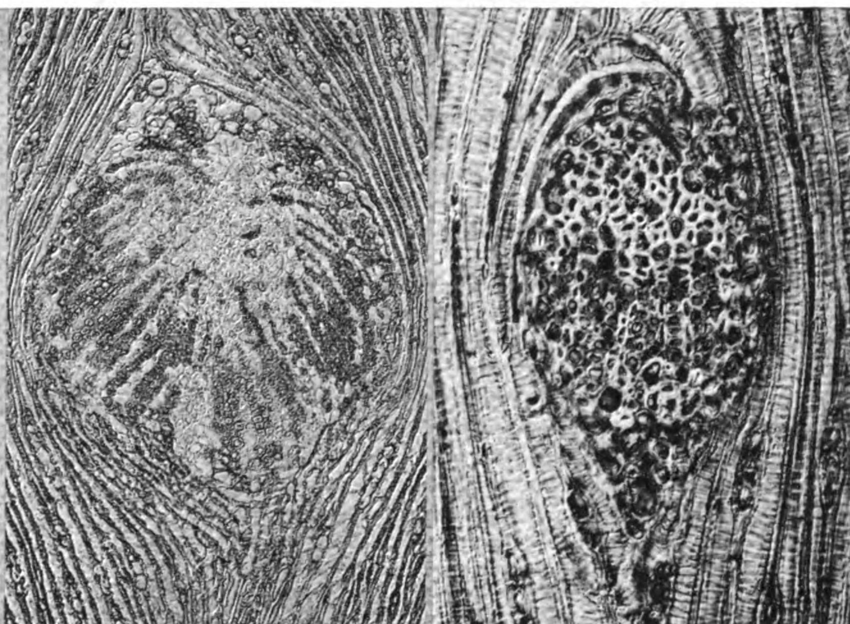


Abbildung 7

Querschnittsbilder durch den Holzteil des Kurztriebanschlusses von Pinus sylvestris (links, 56 x) und des Blattspuranschlusses von Pseudotsuga taxifolia (rechts, 23 x). Das die Spuren umgebende Gewebe der Trägerachse ist tangential angeschnitten.

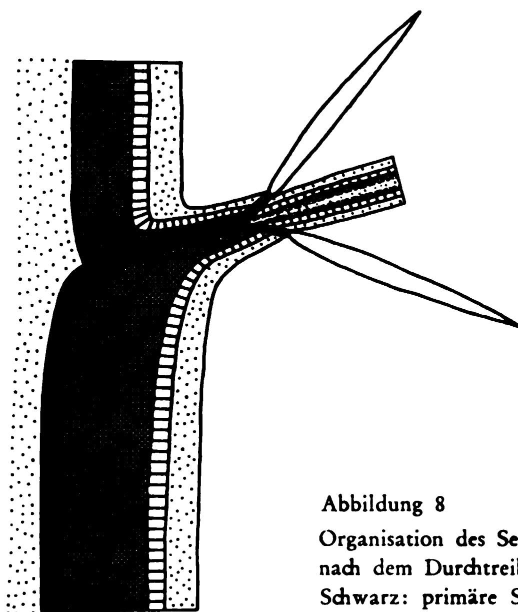



Abbildung 8

Organisation des Seitenachsenabganges nach dem Durchtreiben des Kurztriebes von Pinus.
Schwarz: primäre Spurtracheiden;
Rasterung: sekundäres Holz;
gestrichelt: Bast;
gepunktet: Parenchym von Mark und primärer Rinde.

lich englumiger als die Tracheiden der Ursprungsachse. Beim normalen Seitenachsenanschluß erfahren dagegen die Tüpfeltracheiden beim Übergang aus der Trägerachse in die Seitenachse keine derartigen histologischen Veränderungen und auch keine erkennbare Verengung.

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Querschnitte des Holzteiles der Anschlüsse der Kurztriebspur und der Blattspur lassen sich einige Unterschiede zwischen beiden erkennen (Abb. 7).

Die Blattspur von Pseudotsuga ist innerhalb des Holzes der tragenden Sproßachse in den Xylemteil mit den Spurtracheiden und in die über diesen liegende Parenchymlücke unterteilt. Die Zellwände des Parenchyms dieser „Lücke" sind verholzt.

Der Anschluß des Pinus-Kurztriebes besitzt dagegen ein fast zentral liegendes „Mark", dessen Parenchym, wie auch allgemein alle parenchymatischen Gewebe von Pinus, unverholzt bleibt. Die Tracheiden stehen randständig, in einer leichten dorsiventralen Verteilung.

Während die Schraubentracheiden der inneren Jahresringe des Kurztriebanschlusses von Pinus durch Dehnung zerreißen, kann das mit der Spur ziehende Parenchym Dehnungen durch erneute Teilungen kompensieren und so den durchgehenden und steten Anschluß zu den parenchymatischen Geweben der Trägerachse, insbesondere dem Mark, gewährleisten.

Der einfache Spuranschluß des Pinus-Kurztriebes besitzt keinen scheitelwärts gerichteten Anschluß. Die Tracheiden der Trägerachse weichen über der Spur vielmehr auseinander.

Bei frühzeitiger Schädigung der Triebspitze eines jungen Triebes der Pinusarten kann im selben Jahr zwischen den der geschädigten Spitze nächst benachbarten Nadelpaaren (bei Pinus nigra beobachtet) eine verborgene und deshalb kaum erkennbare Knospe gebildet werden, die im Folgejahr zu einer Seitenachse austreibt.

Mit dem Austrieb des Kurztriebes zu einem Langtrieb erhält dieser einen ganz normalen Seitenachsenanschluß, d. h. aus der Basis der Trägerachse ziehen histologisch unveränderte Leitbahnen in die Seitenachse. Außerdem erhält jetzt die neue Langtrieb-Seitenachse den für den Pinaceen-Abgang typischen, schmalen direkten Anschluß zum apikalen Teil der Trägerachse (siehe 2. Jahresring in Abb. 8). Dieser muß allerdings die Blattspuren der Nadeln umgehen und ist nicht so ausgeprägt wie bei einer normalen Seitenachse. Der Spuranschluß des ursprünglichen Kurztriebes liegt teilweise den von basal in die Langtriebsseitenachse ziehenden Leitbahnen auf (siehe 2. Jahresring in Abb. 8).

Bei einem Querschnitt durch die Achse des durchgetriebenen Kurztriebs mit den Blattspuren kurz vor der Nadelinsertion ergibt sich ein interessantes Bild (Abb. 9): Die aus dem Meristem zwischen den Nadeln entstehenden Leitbahnen des Seitenachsendurchtriebes weichen den Blattspurbündeln aus und bilden dadurch zwei lateral liegende Keile, zwischen denen die beiden Blattspurbündelpaare zu den diploxylen Nadeln ziehen. Erst dahinter formieren sich die Seitenachsenleitbahnen zum radiären Bast- und Holzstrang der Seitenachse.

Die Nadelpaare werden durch das Dickenwachstum der zwischen ihnen erscheinenden Seitenachse auseinandergedrängt, können aber, ähnlich wie die Nadelpaare ohne Seitenaustriebe, noch ein bis zwei Jahre erhalten bleiben.

## Diskussion

### *1. Der geblockte Kurztrieb von Larix*

Der Kurztriebabgang von Larix besitzt grundsätzlich die gleichen anatomisch-histologischen Merkmale wie ein Seitenachsenanschluß eines Langtriebes. Abweichend von diesem verfügt er allerdings, auch wenn er 6 - 7 Jahre alt wird, über eine ständige Leitbahnverbindung zum apikalen Teil der Trägerachse.

Über diese bleibende Verbindung des persistierenden Kurztriebes fließen aus dem apikalen Teil der Trägerachse mit dem

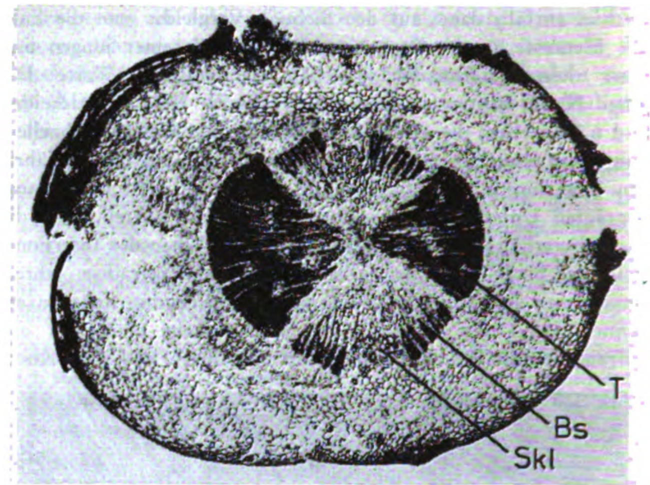



Abbildung 9
Pinus nigra. Querschnitt durch eine Kurztriebachse mit den Blattspuren der Nadeln und dem Holz der zum Langtrieb durchgetriebenen Seitenachse kurz vor der Nadelinsertionsstelle.
Abkürzungen: T = Leitbahnen des Langtriebanschlusses, Bs = Blattspuren der Nadeln, Skl = Sklereiden zwischen den Blattspurbündeln.

Assimilatstrom offenbar auch Wuchsstoffe in die Kurztriebachse ein und hindern diese am Austrieb. Bekanntlich blockiert eine zu große Menge Wuchsstoff das Wachstum. Möglicherweise bleibt der Kurztrieb deshalb sitzen.

Treibt der Kurztrieb noch zu einem Langtrieb durch, so kann in seiner Achsel eine Störzone festgestellt werden. Eine direkte Leitbahnverbindung zwischen Trieb und dem apikalen Teil der Trägerachse existiert dann nicht mehr.

Durch die Bildung der Störzone wird offensichtlich auch der Assimilatstrom und damit der Wuchsstoffstrom, der zuvor über die direkte Verbindung aus dem scheitelwärtigen Teil in die Seitenachse floß, unterbrochen. Damit wird der mögliche physiologische Block aufgehoben und der Kurztrieb treibt durch. Anlagebedingt handelt es sich mithin bei den Kurztrieben der Lärche um geblockte Langtriebe. Eine Unterbrechung der Bastleitbahnen der direkten Verbindung durch Ringelung oberhalb des Kurztriebes müßte theoretisch den Kurztrieb zum Durchtreiben bringen. Dieser spezielle und interessante Fall des Seitentrieb-Verhaltens von Larix in Abhängigkeit von bestimmten histologischen Gegebenheiten offenbart noch einmal die besondere Bedeutung der Verbindung zwischen Träger- und Seitenachse für die Steuerung der Seitenachsenentwicklung durch die Trägerachse.

Unklar bleiben die Gründe und die Art und Weise der Induktion der Bildung der Störzone.

### *2. Der primäre Achsencharakter des Kurztriebes von Pinus*

Bei einem Vergleich des Kurztriebanschlusses von Pinus mit den untersuchten Seitentriebanschlüssen anderer Nadelbäume und vor allem mit den anatomisch-histologischen Verhältnissen des eindeutig als geblockten Trieb anerkannten Kurztrieb von Larix muß man feststellen, daß bei Pinus nicht ein Kurztrieb im üblichen Sinne vorliegen kann.

Vergleicht man den Kurztriebanschluß von Pinus mit den typischen Blattspuren anderer Pinaceen, so lassen sich gewisse Ähnlichkeiten erkennen. Zu ihnen gehören die histologischen Veränderungen beim Übergang der Tracheiden der Tragachse in den Spuranschluß (Hoftüpfeltracheiden zu Schraubentracheiden). Es fehlt aber vor allem die Achselverbindung zum apikalen Teil der Trägerachse, die bei Blattspuren ebenfalls nicht existiert. Und trotzdem kann es sich auch nicht um eine reine Blattspur handeln, denn dieser Kurztrieb kann bei Dekapitierung zu einem Lang-

trieb durchtreiben und dann zeigt der Anschluß die üblichen Merkmale der normalen Seitenachsenanschlüsse.

Es sei nun zunächst folgende Deutung des Anschlusses gegeben: Die Nadeln von Pinus stehen auf Kurztrieben. Dieser Kurztrieb-anschluß behält aber, sofern es nicht zu einem Durchtrieb kommt, auch in seinem zweiten bis vierten Lebensjahr, trotz sekundären Zuwachses, nur die ursprünglichen Merkmale eines primären Anschlusses mit Schraubentracheiden bei. Es brauchen ja nur die Nadeln von Jahr zu Jahr an die neuen Jahresringe der Tragachse angeschlossen zu werden. Der Anschluß besitzt aus diesem Grunde wahrscheinlich viele Ähnlichkeiten mit einem normalen Blattspuranschluß anderer Pinaceen.

Erst bei Induzierung eines Durchtriebes, was aber offensichtlich nur im Jahr der Anlage des Kurztriebes selbst erfolgen kann, werden sekundär und jetzt notwendigerweise die Merkmale eines typischen Seitentriebanschlusses realisiert.

### Zusammenfassung

Die Kurztriebe von Larix besitzen wie die Pinaceen eine direkte Verbindung zum apikalen Teil der Trägerachse. Diese bleibt allerdings, im Gegensatz zu den Langtrieben der Pinaceen, beim persistierenden Kurztrieb von Larix dauernd erhalten. Erst nach einem eventuellen Durchtreiben findet sich in ihrer Achsel eine Störzone. Es handelt sich bei den Kurztrieben von Larix um eindeutig geblockte Seitentriebe.

Die Kurztriebe von Pinus zeigen erst nach einem Durchtrieb die typischen Merkmale einer Seitenachse. Bleiben sie sitzen, und das ist die Regel, so verharren sie trotz sekundären Zuwachses im Zustand eines ursprünglichen, primären Anschlusses und weisen dadurch gewisse Ähnlichkeiten zu den Blattspuranschlüssen anderer Pinaceen auf.

### Summary

Title of the paper: *Investigations into the anatomy and histology of the internodial region in conifers and broad-leaf species. II. The region of short shoot initiation in Pinus and Larix spp.*

The short shoots of *Larix* are, similar to Pinus, connected to the apical portion of the main axis. This connection is in contrast to *Pinus* permanent, but may be disturbed after ne flushing. The short shoots in *Larix* are definitely inhibited lateral shoots.

The short shoots in *Pinus* exhibit characteristics of lateral shoots only after new flushing. If this does not happen, the primary connection is maintained, resembling conditions an other Pinaceae

E. F. B.

### Résumé

Titre de l'article: *Etudes anatomiques et histologiques aux points de ramification des branches chez les feuillus et les conifères. II. Cas des rameaux courts de mélèze et de pin.*

Comme chez les pinacées, il existe dans les rameaux courts de mélèze une liaison directe avec la partie apicale de l'axe principal. Contrairement à ce qui se passe pour les rameaux longs des Pinacées, cette liaison se maintient durablement chez les rameaux courts persistants du mélèze. Cependant, après une éventuelle évolution, on peut trouver dans leur axe une zone perturbée. Pour les rameaux courts de mélèzes, il s'agit incontestablement de rameaux latéraux bloqués.

Les rameaux courts de pin présentent, après leur évolution, les caractères typiques d'un axe latéral. S'ils restent dormants, comme il est de régle, ils conservent les liaisons primaires d'origine malgré la croissance secondaire et présentent ainsi des similitudes certaines avec les cicatrices foliaires des autres pinacées.

J. M.

### Literatur

Büsgen, M.: Bau und Leben unserer Waldbäume. 3. Aufl. bearb. von E. Münch. Gustav Fischer Verlag: Jena 1927. — Frank, D.: Ein Beitrag zur Kenntnis der Gefäßbündel. Bot. Ztg. 22 (1864), 185-188. — Goebel, K.: Organographie der Pflanzen. Gustav Fischer Verlag: Jena 1928. — Kestel, P.: Der Anschluß der Blattspuren an das Holz bei Coniferen. Diss. München 1962. — Strasburger, E.: Über den Bau und die Verrichtung der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Gustav Fischer Verlag: Jena 1891.

# Buckelwiesen und ihre Bodenbildungen in den westlichen Lechtaler Alpen[1)]

Aus dem Institut für Bodenkunde der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg i. Br.

(Mit 10 Abbildungen und 4 Tabellen)

Von Zlatko Gračanin

#### Inhaltsverzeichnis



1) Nach einem Vortrag, gehalten am 2. 9. 1969 bei der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Hannover.

### Einleitung

In verschiedenen Teilen der Erde findet man im Bereich der Bodenbildung kleine Hügel, die als auffällige Formen der Bodenoberfläche seit langem die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich ziehen. Ich erinnere nur an die *Thufur* Islands (vgl. Th. Thoroddsen 1913, B. Valek 1959, D.-J. Kim 1967) und die unter demselben Namen beschriebenen Formen des mitteleuropäischen Raumes (R. Carbiener 1964, 1966, J. Ksandr 1953, J. Kunsky, D. Louček 1956, J. Sekyra 1950, 1960 u. a.), an die *Dschomben* Kroatiens (M. Gračanin 1941), an die *mima mounds* und *gilgais* Amerikas und Australiens (vgl. W. W. Dalquest, V. B. Scheffer 1942, V. B. Scheffer 1947, E. G. Hallsworth, G. K. Robertson, F. R. Gibbons 1955, A. B. Costin 1955, E. M. White, R. G. Bonestell 1960 u. a.), an die *Bugry* Nord-Eurasiens (M. I. Sumgin 1941, H. Barthel, G. Haase, H. Richter 1963 u. a.) sowie

an die *cuscinetti erbosi* italienischer Forscher (C. Lippi-Boncambi 1953, V. Giacomini, C. Lippi-Boncambi 1955, G. Nangeroni 1946, 1954, 1957, C. F. Capello 1960 u. a.).

Auch wenn die äußere Form ähnlich erscheint, so zeigt doch die nähere Untersuchung, daß sich die verschiedenen Kleinhügel oft durch erhebliche Unterschiede in ihrer Genese und in ihrem Aufbau auszeichnen. Wie immer sie auch entstanden sein mögen, die Kleinhügel sind für die Bodenkunde von Interesse, denn entweder stellen sie selbst Produkte einer besonderen Bodenentwicklung dar oder sie widerspiegeln Formen des geologischen Untergrundes, die die Bodenentwicklung stark beeinflussen können. Die forstliche und erst recht die landwirtschaftliche Bodennutzung können durch die Kleinhügel stark beeinträchtigt werden.

In den Alpen findet man auch verschiedene Typen von Kleinhügeln. Zu den auffälligsten gehören die *Buckelwiesen*. Es sind Komplexe aus ca. 0,8 - 3 m breiten und ca. 0,5 - 1 m (maximal bis 1,5 m) hohen Hügeln, die durch längliche und zum Teil auch trichterförmige Dellen (Abb. 1) voneinander getrennt sind. Im Gegensatz zu den Erdbülten, die ebenfalls in den Alpen vorkommen (vgl. G. J. Furrer 1965, S. 44), sind die Hügel der Buckelwiesen in ihrem Inneren stets skelettreich (Abb. 2). In der Regel ist dieses Skelett stark carbonathaltig.

Wie bereits von verschiedenen Autoren (z. B. W. Krieg 1953) betont wurde, ist der Ausdruck Buckelwiese insofern irreführend, da diese Erscheinung nicht nur auf den Wiesen, sondern auch auf Weiden und im Walde anzutreffen ist. Da aber die Bezeichnung Buckelwiese allgemein eingeführt ist, wird sie auch hier als Name für diese eigenartige Form beibehalten, ohne Rücksicht darauf von welcher Vegetationsdecke sie tatsächlich bedeckt ist.

Auch Buckelwiesen unter Wald sind nicht auf einen bestimmten Waldtyp gebunden: auf dem Hohen Kranzberg bei Mittenwald



Abb. 1
Buckelwiese Unteres Älpele: ein Komplex aus ca. 0,8 - 3 m breiten und ca. 0,5 - 1 m hohen Hügeln („Buckeln"), die durch seichtere und tiefere, längliche und trichterförmige Dellen voneinander getrennt sind. Diese Formen sind auch unter benachbarten Resten des subalpinen Fichtenwaldes (*Piceetum subalpinum* Br.-Bl.) anzutreffen, wobei die Bäume sowie der Jungwuchs stets auf den Hügeln und nie in den tiefsten Stellen der Dellen anzutreffen sind. Aufn. v. Verf.



Abb. 2
Querschnitt durch einen Buckel der Buckelwiese Unteres Älpele: auf stark carbonathaltigen und skelettreichen Lech-Ablagerungen ist eine geringmächtige Rendzina entwickelt (Profil Nr. 125). Der carbonatische Schutt zeigt weder eine Materialsortierung, noch enthält er (unmittelbar nach der Schneeschmelze!) Eislinsen, die auf eine Frosthebung deuten würden. Aufn. v. Verf.

(Bayern) findet man sie unter Buchenwald, die Buckelwiesen auf dem Unteren Älpele im obersten Lechtal sind dagegen zum Teil von den Resten des subalpinen Fichtenwaldes (*Piceetum subalpinum* Br.-Bl. 1938) bewachsen (Abb. 1).

### Die bisherige Erforschung der Buckelwiesen

Mit den Buckelwiesen der Alpen hat man sich verhältnismäßig spät zu befassen begonnen. Doch nachdem Edith Ebers (1939) die Ergebnisse ihrer ersten wissenschaftlichen Untersuchungen der Buckelwiesen um Mittenwald veröffentlicht hat, wurde den Buckelwiesen eine Reihe von Arbeiten gewidmet. Außer E. Ebers (1940, 1951, 1957, 1959) haben inzwischen auch J. Stini (1940), A. Penck (1941), J. Knauer (1943), C. Troll 1944, S. 549), J. L. Lutz und H. Paul (1947), A. Lechner 1948, J. Goldberger (1950), W. Krieg (1953), A. Micheler (1954), C. Rathjens (1953, 1954), G. Priehäusser (1957), E. Schönhals (1957), J. L. Lutz (1959), S. Müller (1959, 1962), K. Haserodt (1965), H. Prechtl (1965, S. 112 - 114), H. Jerz (1966), P. Fritz (briefl. Mitt. v. 11. 12. 1967), W. Engelschalk (briefl. Mitt. v. 1967 und 1969) u. a. mit den Problemen der Buckelwiesen befaßt. Insgesamt waren es bisher über 20 Veröffentlichungen, in denen die Buckelwiesen behandelt wurden, doch gehen trotzdem die Vorstellungen über ihre Entstehung, Dynamik und Alter noch weit auseinander.

Man vermutete die Ursache für die Bildung der Buckel:

1. in der besonderen Art der primären Ablagerung des Moränenmaterials (J. Knauer 1943, G. Priehäuser 1957),
2. in der Formung der Hügel durch Windwurf (J. Stini 1940),
3. in der Heraushebung der Hügel durch Frost (E. Schönhals 1957, H. Jerz 1966, 1969),
4. in der Bildung der Dellen durch das Ausschmelzen der Eiskeile (J. L. Lutz in Lutz und Paul 1947) sowie
5. in der Eintiefung der Dellen durch Verkarstungsprozesse d. h. durch die Bildung kleiner Dolinen im carbonatreichen Moränenmaterial (E. Ebers 1939, 1940, 1951, 1957, 1959, A. Penck 1941, A. Lechner 1948, W. Krieg 1953, S. Müller 1959, 1962, K. Haserodt 1965, H. Prechtl 1965, S. 112 - 113).

Umstritten ist es ebenso, ob es sich bei den Buckelwiesen um spätglaziale (C. Troll 1944, C. Rathjens 1954, E. Schönhals 1957, H. Jerz 1966 u. a.) oder um rezente Bildungen (E. Ebers

1959 u. a.) handelt, d. h. ob ihre Bildung längst abgeschlossen ist oder ob sie noch weiterhin andauert.

Dies ist nicht nur eine theoretische Frage, sondern sie hat auch eine wichtige praktische Bedeutung: seit einigen Jahrzehnten werden erhebliche Mittel, unter anderem auch aus dem „Grünen Plan", dafür verwendet, um die Buckelwiesen einzuebnen und so ihre landwirtschaftliche Nutzung zu erleichtern. Dies wäre sinnlos, wenn sich Buckelwiesen bald wieder auf denselben Flächen bilden würden. Andererseits wäre es dringend notwendig, wenigstens einen Teil von ihnen unter einen effektiven Naturschutz zu stellen, falls sie einzigartige, sich nicht mehr neu bildende Naturdenkmäler des Spätglazials darstellen.

Die widersprüchlichen Ansichten über die Entstehung und das Alter der Buckelwiesen dürften einerseits damit zusammenhängen, daß — obwohl die Buckelwiesen auch in anderen Teilen der Kalkalpen festgestellt wurden — die meisten näheren Untersuchungen im Gebiet um Mittenwald durchgeführt wurden, wo die Buckelwiesen seit langem als Mähwiesen genutzt werden und wo man daher eine gewisse Verflachung der Buckel bereits frühzeitig betrieben haben muß, um mähen zu können, und wo 1937 durch die Münchener Studenten (Die Marktgemeinde Mittenwald 1940) und später durch den Einsatz von Planierraupen große, für die Untersuchung besonders geeignete, ± horizontale Flächen der Buckelwiesen eingeebnet wurden. Andererseits wurden nur wenige von den erwähnten Untersuchungen, und zwar nur die von E. Schönhals (1957), S. Müller (1959, 1962) und H. Jerz (1966) mit bodenkundlichen Methoden durchgeführt, obwohl gerade diese dazu geeignet sind, den Aufbau und damit auch die Entwicklung der Buckelwiesen näher zu beleuchten.

So erschien es angebracht, weitere bodenkundliche Untersuchungen der Buckelwiesen in einem anderen Teil der Alpen durchzuführen. Mir bot sich dazu die Gelegenheit, als ich bei den systematischen Untersuchungen der Bodenentwicklung auf Kalk und Dolomit im mittleren Abschnitt der Alpen (vgl. auch Z. Gračanin 1967, 1968, 1969, 1970) im westlichen Teil der Lechtaler Alpen gearbeitet habe. Die dortigen Vorkommen der Buckelwiesen waren zum Teil bereits bekannt (W. Stengel-Rutkowski 1960 u. a.), aber nicht näher untersucht.

---

Der vorliegende Bericht stellt demnach einen weiteren Teil der Untersuchungsergebnisse dar, die im Rahmen des Forschungsvorhabens „Bodenentwicklung auf Kalk und Dolomit im mittleren Abschnitt des Alpenmassivs" gewonnen wurden. Dieses Forschungsvorhaben kam auf Anregung von Herrn Prof. Dr. R. Ganssen zustande und wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt, wofür ich ihnen auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank sagen möchte. Mein herzlicher Dank gilt auch: Herrn Dr. M. A. Geyh, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, für die $^{14}C$-Datierung der Proben vom Friedhöfle und die anregenden Diskussionen; Herrn Prof. Dr. E. Oberdorfer und Herrn Dr. G. Philippi, Karlsruhe, für die Bestimmung der kritischen Pflanzen und Moose; den Herren Prof. Dr. V. Jacobshagen (jetzt Berlin), Prof. Dr. R. Huckriede und Dr. D. Helmcke, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Marburg, für die Auskünfte und Gewährung der Einsichtnahme in die nicht veröffentlichten Dissertationen und Diplomarbeiten; den Herren Dr. P. Fritz, Wien, und W. Engelschalk, Ergolding, für ihre brieflichen Mitteilungen sowie den Mitarbeitern im Gelände und allen technischen Assistentinnen des Instituts, die an der Durchführung der Untersuchungen im Labor beteiligt waren.

## Methoden

Die bodenkundlichen Untersuchungen im Gelände wurden in der üblichen Weise (F. Kohl 1967) durchgeführt. Es wurde jeweils ein Querschnitt durch zwei Buckel und die dazwischenliegende Delle gelegt. Profile auf dem Buckel und in der Delle wurden getrennt beschrieben und aus ihnen Proben entnommen. Im Laufe der Untersuchung hat es sich gezeigt, daß der Aufbau des Profils auf dem Buckel ziemlich konstant ist; in der Delle wechselt dagegen der Profilaufbau auf kurze Entfernung sehr stark, so daß man der Lage des Profils in der Delle große Aufmerksamkeit widmen muß; die mächtigsten Profile wurden in der Mitte der trichterförmigen Dellen vorgefunden.

Im Labor wurden bestimmt:

1. pH in $H_2O$ und in n/10-KCl elektrometrisch;
2. Erdalkalicarbonate als $CaCO_3$ gasvolumetrisch nach Scheibler;
3. Ca und Mg in der HCl 1:2 komplexometrisch, im wesentlichen nach G. Müller (1964, S. 185), jedoch mußte die Methode etwas modifiziert werden;
4. organischer Kohlenstoff durch konduktometrische Ermittlung des Gesamt-C nach der trockenen Verbrennung im Gasanalysengerät der Fa. Wösthoff und Abzug des $C_{anorg.}$, der aus dem Erdalkalicarbonat berechnet wurde;
5. Stickstoff nach Kjeldahl im Makro-Mikro-Verfahren;
6. Skelett durch trockenes oder, bei Bedarf, nasses Absieben;
7. Korngrößenverteilung in der Feinerde: nach der Dispergierung mit Natriumhexametaphosphat (vgl. L. Jung, W. Rohmer 1966) wurden Ton und Schluff mit der Pipettmethode nach Köhn, Grobsand und Feinsand durch Naßsieben abgetrennt und Staub aus der Differenz zu 100 berechnet.

## Untersuchtes Gebiet

*1. Lage.* Die Lechtaler Alpen sind ein Teil der Nördlichen Kalkalpen. Die untersuchten Buckelwiesen befinden sich dort im obersten Lechtal westlich von Lech a. A. (1444 m) und noch weiter westlich davon im Friedhöfle zwischen der Freiburger Hütte (1931) m) und dem Roggelskopf (2275 m) in den Höhen von 1470, 1570 und 1950 m über N. N. (Abb. 3).

*2. Geologisch-petrographisches Substrat.* Alle drei untersuchten Buckelwiesen sind aus quartären Ablagerungen entwickelt.

Die Buckelwiesen im obersten Lechtal sind auf den Ablagerungen des Lechs anzutreffen, aber nicht auf den jüngsten Alluvionen, sondern auf den älteren, höheren Lech-Terrassen, außerhalb der heutigen Überflutungen (vgl. Abb. 5). In der geologischen Karte von O. Ampferer, Th. Benzinger und O. Reithofer (1932) werden die Lechterrassen leider zeitlich nicht näher gegliedert, sondern vielmehr unter die Signatur „Hang-Bach Schuttkegel und Vegetationsverhüllungen" einbezogen. Auch spä-

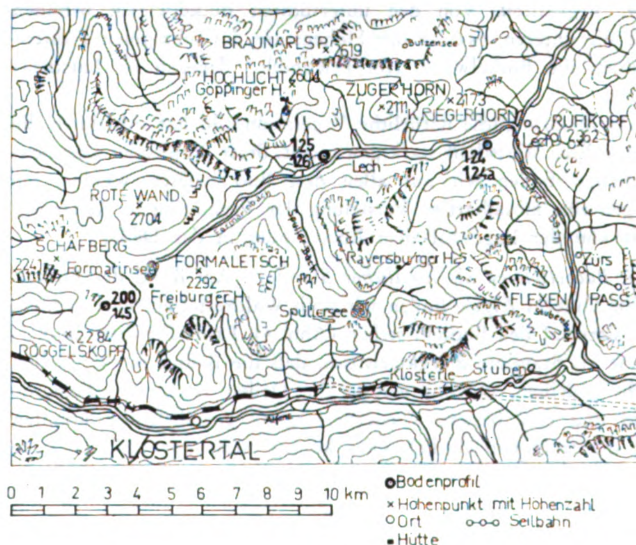



Abb. 3
Lage der untersuchten Bodenprofile.

ter wurde m. W. eine nähere zeitliche Gliederung der sehr markanten Lechterrassen noch nicht vorgenommen.

Die petrographische Zusammensetzung der Lech-Terrasssen wird vom Einzugsgebiet bestimmt, das vornehmlich aus Dolomiten und Kalken, in geringerem Maße aber auch aus den Kreideschiefern sowie den sehr variablen Komponenten der Raiblerschichten besteht.

Im Friedhöfle weist die erwähnte geologische Karte von O. Ampferer u. a. (1932) nur Hauptdolomit aus. Es handelt sich aber nicht um den anstehenden Hauptdolomit, sondern um Moränenschutt, der ausschließlich aus dem Dolomit besteht. Das Alter dieser Moräne ist demnach nicht angegeben worden, soweit aber Moränen in diesem Gebiet in der Karte dargestellt sind, handelt es sich immer um die Moränen der jüngsten, der Würm-Eiszeit.

Es wird gelegentlich berichtet, daß die Buckelwiesen auch auf nichtcarbonatischen Substraten vorkommen (vgl. W. Krieg 1953, S. 210, H. Jerz 1966, S. 77). In den Lechtaler Alpen konnte ich zwar auch auf den Kreideschiefern östlich des Monzabon-Sees Kleinhügel feststellen, diese unterscheiden sich aber in ihrer Form und in ihrem Aufbau derart von den Buckelwiesen, daß man sie nicht zu ihnen zählen kann, sondern als Erdbülten im Sinne von G. J. Furrer (1966, S. 44) bezeichnen muß.

*3. Klima.* Im Gebiet der untersuchten Buckelwiesen gibt es nur eine ombrometrische Station in Lech, wo es durchschnittlich jährlich 1396 mm Niederschlag gibt. Die unweit gelegene Rauz-Alpe a. A. (1630 m über N. N.) hat einen mittleren Jahresniederschlag von 1925 mm und die mittlere Jahrestemperatur von 4,1° (*Hydrographischer Dienst in Österreich* 1964). Während der Niederschlag auf der Rauz-Alpe mit 1925 mm sicherlich höher ist als im Lechtal, so dürfte doch die mittlere Jahrestemperatur im Bereich der Buckelwiesen bei Lech und am Unteren Älpele zwischen 5 und 4° C liegen.

Meteorologische Messungen aus den höheren Lagen gibt es nicht, doch nach den Berechnungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien (briefliche Mitteilung vom 8. 2. 1966) ist in den Lechtaler Alpen bei 2000 m über N. N. mit einer mittleren Jahrestemperatur von 0,5° C zu rechnen. Der mittlere Jahresniederschlag schwankt in dieser Höhe in den Lechtaler Alpen zwischen 1500 und 2000 mm.

Auf Grund der Tal- bzw. Muldenlage ist auf den untersuchten Buckelwiesen mit Spätfrösten zu rechnen, ein morphologisch wirksamer Bodenfrost ist aber wegen der reichlichen Schneebedeckung nicht zu erwarten.

*4. Vegetation.* Von den untersuchten Buckelwiesen befinden sich die unteren zwei in der Höhenstufe des subalpinen Fichtenwaldes, die Buckelwiese „Im Friedhöfle" dagegen im Latschengürtel.

Das ursprüngliche natürliche Vegetationsbild hat sich durch die menschliche Wirtschaft stark gewandelt. Statt Wald oder Latschen-Gestrüpp finden wir auf allen drei Buckelwiesen Weiden. Sie zeigen eine mosaikartige Verteilung der Vegetation in Abhängigkeit von der Lage auf dem Buckel oder in der Delle.

*5. Buckelwiesen als forstlicher Standort.* Am Rand der Buckelwiese Unteres Älpele finden wir noch Waldreste: einzelne Fichten, die stets auf den Buckeln stehen (Abb. 4). Es ist für diese Buckelwiese als Standort charakteristisch, daß die Bäume in den Dellen nicht gedeihen, obwohl gerade die Dellen reicher an Feinerde sind und eine bessere Wasserversorgung gewährleisten könnten als die trockenen Buckel. Dies konnte nicht nur aus der Lage der übrig gebliebenen Fichten-Bäume und des natürlichen Fichten-Jungwuchses ersehen werden, sondern wurde auch durch das Eingehen aller in die Dellen eingebrachter Fichten bei einer von der Gemeinde Lech unternommenen Aufforstung bestätigt (mündliche Mitteilung des Gemeindeförsters W. Walch v. 29. 8. 1968).



Abb. 4
Fichten auf dem Unteren Älpele (1570 m): Bäume und Baumstümpfe stehen stets auf den Buckeln. In den Dellen liegt im Schatten des Waldes zum Teil noch Schnee. Aufn. v. Verf.

In dieser Höhenlage, nahe der Waldgrenze, erscheint die etwas frühere Ausaperung und schnellere Erwärmung der Buckel im Vergleich zu den Dellen für die Lebensmöglichkeit der Fichte entscheidend.

*6. Menschliche Wirtschaft.* Außer der schon erwähnten Beweidung ist der Einfluß der menschlichen Wirtschaft auf die untersuchten Buckelwiesen nicht groß; jedenfalls werden sie nicht gemäht.

Es ist nicht bekannt, ob Teile der Buckelwiesen eingeebnet wurden, ganz auszuschließen ist es aber nicht, da die Buckelung der Bodenoberfläche in der Nähe der Alpe Unteres Älpele stark abnimmt.

## Die untersuchten Bodenprofile

### A) BODENPROFILE IM OBEREN LECHTAL

*Profil Nr. 124.* 22. 6. 1967.

*Lech am Arlberg*, südöstlich Schwimmbad, südlich des Lech-Flusses, 1.470 m über N. N., ± horizontales Gelände mit stark ausgeprägter Kleinmorphologie: buckelige Wiese von Gräben unterbrochen, die in ungleicher Höhe ± parallel mit dem Lech-Fluß verlaufen. Die Höhe der Buckel 0,2 - 0,5 m. Muttergestein: Lech-Alluvium, größtenteils aus carbonatischem Material bestehend. Die Buckelwiese befindet sich aber nicht in der heutigen Aue, sondern auf einer höheren Terrasse (Abb. 5).

Vegetationsdecke: Weide mit einzelnen Fichten. Die Fichten sind schlechtwüchsig und stehen *auf* den Hügeln. In der Kraut-

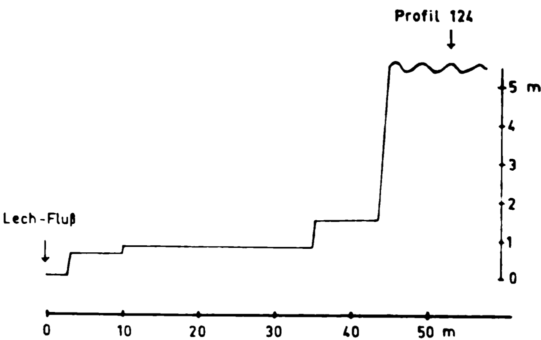



Abb. 5
Geländequerschnitt vom Lech-Fluß bis zur Buckelwiese mit Profil Nr. 124. In der heutigen Aue findet man keine Buckelwiesen, sie sind erst auf einer höheren Terrasse außerhalb des heutigen Überschwemmungsbereiches entwickelt. Lech a. A., südöstlich Schwimmbad, 1470 m über N. N.

schicht findet man stellenweise noch Waldreste, doch die Wiesenpflanzen überwiegen stark. Auf den Buckeln auf dem Profil wuchsen auf 1 m²:

*Elyno-Seslerietea-*, *Seslerietalia-* und *Seslerion-Arten:*

| | |
|---|---|
| *Dryas octopetala* L. | 2.3 |
| *Helianthemum nummularium* (L.) MILL. | 1.2 |
| *Carex sempervirens* VILL. | 1.1 |
| *Sesleria varia* (JACQ.) WETTST. | + |
| *Potentilla cf. crantzii* (CRTZ.) BECK | + |
| *Galium anisophyllum* VILL. | + |
| *Salix retusa* L. | + |

*Festuco-Brometea-* und *Mesobromion-Arten:*

| | |
|---|---|
| *Cirsium acaule* (L.) SCOP. | 1.1 |
| *Plantago media* L. | + |

*Eu-Nardion-Arten* (auf Resten des sauren Waldhumus!):

| | |
|---|---|
| *Plantago alpina* L. | 1.2 |
| *Alchemilla alpina* L. | + |
| *Gentiana kochiana* PERR. et SONG. | + |

Acidophiler Waldrest (*Vaccinio-Piceetalia*-Art):

| | |
|---|---|
| *Vaccinium uliginosum* L. | + |

Begleiter:

| | |
|---|---|
| *Polygonum viviparum* L. | 1.1 |
| *Carex flacca* SCHREB. | 1.1 |
| *Crocus cf. albiflorus* KIT. | 1.1 |
| *Thymus polytrichus* KERN. | +.2 |
| *Trolius europaeus* L. | + |
| *Ranunculus cf. montanus* WILLD. | + |
| *Aster bellidiastrum* (L.) SCOP. | + |
| *Primula farinosa* L. | + |
| *Polygala chamaebuxus* L. | + |
| *Soldanella alpina* L. | + |
| *Luzula sp.* | + |

Flechten und Moose:

| | |
|---|---|
| *Dicranum scoparium* (L.) HEDW. | +.2 |
| *Cetraria islandica* (L.) ACH. | + |
| *Cladonia sp.* | + |

Es wurde ein Querschnitt durch eine Delle und die beiden angrenzenden Buckel angelegt (Abb. 6). Das Bodenprofil zeigte im Buckel den folgenden Aufbau:

$O_{L+F}$ (0 - 1 cm) trockene *Dryas-* und Gras-Blätter, zum Teil vermodert;

$O_H$ (1 - 4 cm) sehr dunkelbrauner bis schwarzer (10YR 2/1,5, feucht 10YR 2/1) sehr stark humoser Horizont staubiger bis krümeliger Struktur, sehr stark durchwurzelt. Enthält fast kein Skelett. Mit HCl 1:3 keine sichtbare und nur schwach hörbare Reaktion.

$A_h$ (4 - 10 cm) sehr dunkler grauer bis (feucht) schwarzer (10YR 3/1, feucht 2/1 bis 2/1,5), stark humoser schluffiger Lehm mit wenig Grobsand, aber mit viel Skelett, das aus kleinen abgerundeten Steinen und Kies (vorwiegend Dolomit, aber auch ein roter Kieselkalk) besteht. Die Durchwurzelung ist gut, aber nicht so stark wie im $O_H$. Die Reaktion mit HCl 1:3 ist ganz schwach positiv.

$A_hC_v$ (10 - 22 cm) skelettreicher Horizont mit graubraunem (10YR 5,5/2, feucht 10YR 4,5/2), noch etwas humosem, locker gelagertem, schluffigem Sand mit Einzelkorngefüge; etwas Wurzeln. Skelett besteht vorwiegend aus abgerundetem dolomitischem Kies. Stellenweise (selten) Substrat-bedingte gelblichbraune, etwas lehmigere Stellen. Mit HCl 1:3 deutliche, mittelstarke Reaktion.

$C_{v1}$ (22 - 45 cm) lockerer, skelettreicher Horizont mit graubraunem (10YR 6/2, feucht 4/1,5) Sand mit Einzelkorngefüge. Noch zahlreiche Wurzeln. Skelett abgerundet, vorwiegend dolomitischer Kies, aber auch Rauhwacke u. a.

$C_{v2}$ (45 - 60 cm) skelettreicher Horizont, vorwiegend aus Kies und kleinen Steinen bestehend, enthält aber auch einzelne größere Steine bis 30 cm Durchmesser und braungrauen (10YR 6/2, feucht 10YR 4/1) Sand mit Einzelkornstruktur. Einzelne Wurzeln. Skelett in der Regel carbonathaltig: Dolomit, Rauhwacke, Kalkstein. Reaktion mit HCl 1:3 in der Feinerde intensiv.

*Profil Nr. 124a. 22. 6. 1967.*

*Delle* zwischen den Hügeln (Abb. 6) neben dem Profil Nr. 124. In kleinem Fragment (0,2 x 0,3 m) der Vegetation auf dem Profil in der Delle ist eine starke Verminderung des Anteiles der subalpin-alpinen Blaugras- und Nacktried-Rasen festzustellen. Es wurden hier folgende Arten festgestellt:

| | |
|---|---|
| *Crocus cf. albiflorus* KIT. | 2.2 |
| *Nardus stricta* L. | +.2 |
| *Alchemilla cf. alpina* L. | + |
| *Plantago media* L. | + |
| *Trollius europaeus* L. | + |
| *Dryas octopetala* L. | + |
| *Plantago alpina* L. | + |
| *Pimpinella saxifraga* L. | + |
| *Arabis pumila* JACQ. | + |
| *Selaginella selaginoides* (L.) LINK | + |
| *Potentilla sp.* | + |
| *Hylocomium splendens* HEDW. | + |

Das Profil in der Delle zeichnete sich durch den folgenden Aufbau aus:

$O_{L+F}$ (0 - 1 cm) trockene und zum Teil vermoderte Blätter;

$O_H$ (1 - 2 cm) sehr dunkelbrauner bis schwarzer (10YR 2/2, feucht 10YR 2/1), stark humoser, bei der Untersuchung feuchter und etwas schmieriger Horizont, gut durchwurzelt, fast ohne Skelett. Reaktion mit HCl 1:3 optisch nicht wahrnehmbar und auch kaum hörbar.

$A_h$ (2 - 10 cm) dunkelgraubrauner (10YR 3,5/2, feucht 10YR 2/2), stark humoser, schluffiger Lehm, krümeliger bis bröckeliger Struktur, gut durchwurzelt. Der Skelettgehalt ist wesentlich kleiner als im $A_h$-Horizont auf dem Buckel. Als Skelett traten auf: Dolomit, Rauhwacke, roter Radiolarit und ein feiner Sandstein, der letztere lt. mündlicher Mitteilung von D. HELMCKE aus den Raiblerschichten oder Kreideschiefern stammend. Mit HCl 1:3 reagiert sichtbar nur das Skelett (sein größter Teil) aber unterschiedlich stark.
Es folgt

$A_hC_v$ — wie unter dem Hügel.



Abb. 6
Buckelwiese Lech a. A., südöstlich Schwimmbad: Querschnitt durch zwei Buckel und die dazwischenliegende, verhältnismäßig seichte Delle (Profile Nr. 124 und 124a). Wenn auch im Bild kein großer Unterschied zwischen dem Boden auf den Buckeln und in der Delle zu sehen ist, so ist doch die Rendzina auf den Buckeln noch carbonatreich, während in der Delle die Erdalkalicarbonate aus der Feinerde fast vollständig ausgewaschen sind. Aufn. v. Verf.

Wenn auch in der Abb. 6 kein wesentlicher Unterschied im Profilaufbau im Buckel und in der Delle festzustellen ist, so deutet schon die Profilbeschreibung an, daß es in der Delle zu einer stärkeren Ansammlung der Feinerde kommt. Noch deutlicher wird die Differenzierung der Bodenbildung auf dem Hügel und in der Delle durch die Ergebnisse der Untersuchungen im Labor (Tabelle 1).

Auffallend ist besonders die starke Abnahme des Carbonatgehaltes in der Delle: während der $A_h$-Horizont auf dem Hügel noch 36,9 % Erdalkalicarbonate enthält, sind es im gleichen Horizont und bei gleicher Tiefe in der Delle nur noch 1,0 %. Die Abnahme des Carbonatgehaltes dürfte einerseits der Zusammenschwemmung der Feinerde in der Delle, andererseits aber auch der intensiveren Lösungsverwitterung in der feuchteren Delle zu verdanken sein. Im Zusammenhang damit steht auch die Abnahme der pH-Werte in $H_2O$ und n/10 KCl.

Das enge Ca:Mg-Verhältnis deutet auf den hohen Anteil des Dolomits im Lech-Alluvium, dem Ausgangssubstrat, hin. Neben dem hohen Skelettgehalt sind — wie die Korngrößenbestimmung (Tabelle 1) zeigt — ein hoher Grobsandanteil und ein geringer Tongehalt für das Lech-Alluvium kennzeichnend. Da eine Verfestigung des Substrats bislang noch nicht eingetreten ist, bedingt diese Korngrößenverteilung eine starke Durchlässigkeit des Lech-Alluviums und damit auch eine schnelle Versickerung des Niederschlagswassers und eine ungehinderte unterirdische Abfuhr aller gelösten Stoffe, in erster Linie der durch die Verwitterung der Dolomite und Kalke entstehenden Ca- und Mg-bicarbonate.

Tabelle 1

*Profile Nr. 124 und 124a, Lech a. A., 1470 m*

| Horizont | Tiefe cm | pH in $H_2O$ | pH in n/10 -KCl | Erdalkalicarbonate als $CaCO_3$ nach Scheibler % | Ca (in HCl % | Mg 1:2) % | Ca:Mg (atomar) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Profil Nr. 124, Buckel:* | | | | | | | |
| $O_H$ | 1 - 4 | 6,5 | 6,1 | 3,4 | 2,52 | 0,88 | 1,74 |
| $A_h$ | 4 - 10 | 7,4 | 7,0 | 36,9 | 9,18 | 4,82 | 1,16 |
| $A_hC_v$ | 10 - 22 | 7,7 | 7,4 | 89,9 | 19,88 | 11,04 | 1,09 |
| $C_{v1}$ | 22 - 45 | 8,1 | 7,8 | 93,8 | 20,10 | 11,73 | 1,04 |
| $C_{v2}$ | 45 - 60 | 8,3 | 7,9 | 95,8 | 20,22 | 11,76 | 1,04 |
| *Profil Nr. 124 a, Delle:* | | | | | | | |
| $O_H$ | 1 - 2 | 6,0 | 5,5 | 1,0 | 1,40 | 0,58 | 1,46 |
| $A_h$ | 2 - 10 | 6,1 | 5,6 | 1,0 | 2,36 | 0,78 | 1,84 |

| Horizont | Tiefe cm | Org. Substanz % | C % | N % | C:N | Skelett in d. Bodenprobe % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Profil Nr. 124, Buckel:* | | | | | | |
| $O_H$ | 1 - 4 | 47,5 | 27,6 | 1,99 | 13,9 | 0,1 |
| $A_h$ | 4 - 10 | 22,3 | 13,0 | 1,10 | 11,8 | 77,0 |
| $A_hC_v$ | 10 - 22 | 3,1 | 1,8 | 0,10 | — | 61,1 |
| $C_{v1}$ | 22 - 45 | 1,7 | 1,0 | 0,04 | — | 59,6 |
| $C_{v2}$ | 45 - 60 | 1,2 | 0,7 | 0,03 | — | 75,5 |
| *Profil Nr. 124 a, Delle:* | | | | | | |
| $O_H$ | 1 - 2 | 36,6 | 21,3 | 1,54 | 13,8 | 0,4 |
| $A_h$ | 2 - 10 | 19,5 | 11,3 | 0,92 | 12,3 | 25,4 |

| Horizont | Tiefe | Feinerde enthält in % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ton <0,002 | Schluff 0,002 - - 0,02 | Staub 0,02 - - 0,062 | Feinsand 0,062 - 0,1 | Grobsand 0,1 - 2,0 |
| | cm | mm | mm | mm | mm | mm |
| *Profil Nr. 124, Buckel:* | | | | | | |
| $A_hC_v$ | 10 - 22 | 4,5 | 3,6 | 26,0 | 7,0 | 58,9 |
| $C_{v1}$ | 22 - 45 | 4,1 | 6,0 | 3,9 | 5,0 | 81,0 |
| $C_{v2}$ | 45 - 60 | 3,4 | 5,6 | 5,3 | 6,2 | 79,5 |

Der Profilaufbau sowie der hohe Gehalt an organischer Substanz und Erdalkalicarbonaten, das enge C:N-Verhältnis und die neutrale bis schwach alkalische Reaktion (Tabelle 1) charakterisieren den Boden auf dem Buckel als eine typische Rendzina. In der Delle wurden zwar auch ein hoher Gehalt an organischer Substanz und ein enges C:N-Verhältnis festgestellt, der starke Rückgang des Gehaltes an Erdalkalicarbonaten und vor allem die etwas stärkere Versauerung zeugen dafür, daß es sich hier bereits um eine schwach degradierte Rendzina handelt.

*Profil Nr. 125.* 22. 6. 1967.

*Unteres Älpele* südwestlich der Alphütten, 1570 m über N. N., ±horizontales Gelände, aber mit stark ausgeprägtem Buckelwiesen-Kleinrelief. Das Lechtal ist hier verhältnismäßig breit und die Buckelwiesen sind auf drei verschiedenen Niveaus der Lech-Terrassen entwickelt; nur in der heutigen Aue findet man auch auf dem Unteren Älpele keine Buckelwiesen. Für ihre Bildung sind demnach längere Perioden ohne fluviatile Materialzufuhr und -umlagerung nötig. Die untersuchte Buckelwiese befindet sich auf der obersten Lech-Terrasse (Abb. 1).

Vegetationsdecke: Weide auf ehemaliger Waldfläche, die vom subalpinen Fichtenwald eingenommen war. Als Waldelemente findet man auf einzelnen Buckeln noch einzelne kleine Fichten, den Zwergwacholder sowie die Schneeheide und das Heidekraut. Auf dem Buckel am untersuchten Profil wurden auf 1 m² folgende Pflanzen festgestellt:

Elemente der subalpin-alpinen Blaugras- und Nacktried-Rasen (*Elyno-Seslerietea-*, *Seslerietalia-* und *Seslerion*-Arten):

| | |
|---|---|
| *Dryas octopetala* L. | 2.2 |
| *Carex sempervirens* Vill. | 2.2 |
| *Alchemilla cf. hoppeana* (Rchb.) D. T. | 2.2 |
| *Globularia nudicaulis* L. | 1.2 |
| *Gentiana clusii* Perr. et Song. | + |
| *Helianthemum nummularium* (L.) Mill. ssp. *grandiflorum* (Scop.) Sch. et Thell. | + |
| *Androsace chamaejasme* Wolf. | + |
| Begleiter: | |
| *Polygala chamaebuxus* L. | 1.2 |
| *Soldanella alpina* L. | + |
| *Tofieldia calyculata* (L.) Wahlenb. | + |
| *Thymus pulegioides* L. | + |
| *Thymus cf. polytrichus* Kern. | + |
| *Selaginella selaginoides* (L.) Link | + |
| *Hippocrepis comosa* L. | + |
| Moose und Flechten: | |
| *Rhytidiadelphus triquetrus* Warnst. | 2.2 |
| *Dicranum scoparium* (L.) Hedw. | 2.2 |
| *Tortella tortuosa* (L.) Limpr. | +.2 |
| *Cetraria islandica* (L.) Ach. | + |
| *Cladonia sp.* | + |

Das Bodenprofil im Hügel zeigt den folgenden Aufbau (Abb. 2):

$O_{L+F}$ zwischen den Moosen nur schwach angedeutet;

$O_H$ (0 - 5 cm) schwarzer (10YR 2,5/1, feucht 10YR 2/1) Humusstoffhorizont, außerodentlich stark durchwurzelt, mit ganz wenig Skelett, aber doch mit etwas mineralischer Substanz; Gefüge krümelig: mullartiger Moder. Mit HCl 1:3 trotz 22,5 % Erdalkalicarbonate keine sichtbare Reaktion; auch zu hören ist die Reaktion erst nach einiger Verzögerung und dann ganz schwach, dauert aber lange. Diese schwache Reaktion mit HCl kann nicht nur dem hohen Anteil des Dolomits, sondern muß auch der Maskierung der Carbonate durch Humusstoffe zugeschrieben werden. Scharfer Übergang in

$A_h$ (6 - 14 cm) stark skelettreicher Horizont mit dunkelgraubraunem (10YR 4,5/2, feucht 10YR 3/2), humosem, schluffigem Sand, krümeliger Struktur, gut durchwurzelt. Die Reaktion mit HCl 1:3 ist in der Feinerde zwar etwas verzögert, aber stark; Skelett reagiert dagegen in der Regel ganz schwach (Dolomit!).

$C_{v1}$ (14 - 30 cm) skelettreicher kiesiger und kleinsteiniger Horizont mit graubraunem (10YR 6/2,5, feucht 10YR 4/2) schluffigem Sand; locker, wenig Zusammenhalt, Einzelkorngefüge; noch verhältnismäßig viele Wurzeln. Die Reaktion mit HCl 1:3 ist in der Feinerde ein wenig verzögert und mittelstark.

$C_{v2}$ (30 - 60 cm) skelettreicher Horizont aus Kies und vorwiegen kleinen Steinen sowie graubraunem (10YR 6/2,5, feucht 10YR 4,5/2) schwach lehmigem Sand mit Einzelkornstruktur. Wenig Zusammenhalt, locker. Einzelne Wurzeln. Die Reaktion mit HCl 1:3 in der Feinerde mittelstark, im Skelett vorwiegend schwach (Dolomit), stärker reagiert ein Stück des rötlichen Unterliaskalkes. Ab 60 cm

$C_{v3}$ (60 - 70 cm +) gleichartiges Skelett wie oben mit hellgrauem lehmig-schluffigem Bindemittel, etwas fester gelagert als oben. Reaktion mit HCl 1:3 in der Feinerde mittelstark.

*Profil Nr. 126.* 22. 6. 1967.

*Unteres Älpele* — **Mulde** neben dem Profil 125. In den Mulden fallen gegenwärtig Krokusse und Soldanellen auf. zumal sie auf den Hügeln fehlen oder schon abgeblüht sind. Außerdem findet man in den Mulden (Dellen) auch etwas *Nardus stricta* L., *Plantago cf. alpina* L. u. a. Im allgemeinen ist der Boden in den Dellen etwas mächtiger entwickelt als auf den Buckeln. Das untersuchte Profil zeigt folgende Eigenschaften:

$O_L$ nur angedeutet;

$A_{h1}$ (0 - 18 cm) dunkelbrauner (10YR 3,5/2, feucht 10YR 2/2), stark humoser, toniger Lehm krümeliger Struktur, gut durchwurzelt. Keine Reaktion mit HCl 1:3. Schroffer Übergang in

$A_{h2}$ (18 - 40 cm) brauner (10YR 5/2,5, feucht 10YR 3/2,5) toniger Lehm polyedrischer Struktur; er enthält nur ganz wenig Skelett, einzelne Wurzeln und etwas Holzkohle. Mit HCl 1:3 weder sichtbare noch hörbare Reaktion. Ein Verwitterungskeil mit braunem tonigem Lehm reicht noch bis 60 cm, ansonsten beginnt bei 40 cm

$C_v$ (40 - 60 cm +) skelettreicher Horizont wie unter dem Buckel.

Nicht nur aus den Profilbeschreibungen, sondern auch aus den Ergebnissen der Untersuchungen im Labor (Tabelle 2) geht klar hervor, daß die Intensität und die Art der Bodenbildung auf den Buckeln und in den Dellen sehr unterschiedlich sind. Während der ohnehin geringmächtige $A_h$-Horizont auf den Buckeln zu 84,4 % aus Erdalkalicarbonaten besteht, ist der wesentlich mächtigere $A_h$-Horizont in der Delle im oberen Teil gänzlich und im untersten Teil bis auf unbedeutende Spuren in der Feinerde carbonatfrei. Im Zusammenhang mit der intensiveren Verwitterung und Ansammlung der nichtcarbonatischen Substanz steht auch die starke Zunahme des Tongehaltes in der Delle (44,5 %) gegenüber dem Buckel (7,4 %) bei gleichzeitiger Abnahme des Grobsandgehaltes von 28,2 - 78,8 % auf nur 3,1 bis 5,4 % sowie die saure Reaktion im ganzen $A_h$-Horizont in der Delle, gegenüber der schwach alkalischen Reaktion im ganzen Profil auf dem Buckel.

Eine so starke Differenzierung der Bodenbildung wäre nicht möglich, wenn die Buckel im Zusammenhang mit der heutigen Frostwirkung stünden. Tatsächlich wurden im Profil kurz nach der Schneeschmelze keine Eislinsen gefunden. Vielmehr betrug

Tabelle 2

*Profile Nr. 125 und 126, Unteres Älpele, 1570 m*

| Horizont | Tiefe cm | pH in $H_2O$ | pH in n/10 -KCl | Erdalkalicarbonate als $CaCO_3$ nach Scheibler % | Ca (in HCl 1:2) % | Mg % | Ca:Mg (atomar) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Profil Nr. 125, Buckel:* | | | | | | | |
| $O_H$ | 0 - 5 | 7,2 | 7,0 | 22,5 | 6,45 | 3,09 | 1,27 |
| $A_h$ | 6 - 14 | 7,5 | 7,1 | 84,4 | 15,71 | 9,34 | 1,02 |
| $C_{v1}$ | 14 - 30 | 7,9 | 7,6 | 96,4 | 20,68 | 11,48 | 1,09 |
| $C_{v2}$ | 30 - 60 | 8,2 | 7,9 | 97,3 | 20,86 | 10,90 | 1,16 |
| *Profil Nr. 126, Delle:* | | | | | | | |
| $A_{h1}$ | 0 - 18 | 5,3 | 4,4 | 0 | 0,52 | 0,32 | 0,99 |
| $A_{h2}$ | 18 - 40 | 6,4 | 5,5 | Spuren | 0,72 | 0,49 | 0,89 |

| Horizont | Tiefe cm | Org. Substanz % | C % | N % | C:N | Skelett in der Bodenprobe % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Profil Nr. 125, Buckel:* | | | | | | |
| $O_H$ | 0 - 5 | 42,0 | 24,4 | 0,99 | 24,6 | 2,3 |
| $A_h$ | 6 - 14 | 8,0 | 4,6 | 0,41 | 11,3 | 81,6 |
| $C_{v1}$ | 14 - 30 | 1,6 | 0,9 | 0,06 | — | 78,9 |
| $C_{v2}$ | 30 - 60 | 0,5 | 0,3 | 0,03 | — | 78,7 |
| *Profil Nr. 126, Delle:* | | | | | | |
| $A_{h1}$ | 0 - 18 | 16,7 | 9,7 | 0,87 | 11,2 | 1,8 |
| $A_{h2}$ | 18 - 40 | 6,1 | 3,5 | 0,28 | 12,6 | 2,5 |

| Horizont | Tiefe | Feinerde enthält in % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ton < 0,002 | Schluff 0,002 - - 0,02 | Staub 0,02 - 0,062 | Feinsand 0,062 - 0,1 | Grobsand 0,1 - 2,0 |
| | cm | mm | mm | mm | mm | mm |
| *Profil Nr. 125, Buckel:* | | | | | | |
| $A_h$ | 6 - 14 | 7,4 | 8,8 | 38,4 | 17,2 | 28,2 |
| $C_{v1}$ | 14 - 30 | 4,7 | 14,9 | 16,3 | 7,9 | 56,2 |
| $C_{v2}$ | 30 - 60 | 6,9 | 9,9 | 6,4 | 6,0 | 78,8 |
| *Profil Nr. 126, Delle:* | | | | | | |
| $A_{h1}$ | 0 - 18 | 44,5 | 38,6 | 11,2 | 2,6 | 3,1 |
| $A_{h2}$ | 18 - 40 | 39,8 | 34,2 | 17,2 | 3,4 | 5,4 |

die Temperatur im Buckel in 2 cm Tiefe 18,2° C und bei 50 cm immer noch 6,5° C. Unter einer mächtigen Schneedecke, wie sie in diesem Gebiet üblich ist, kann der Frost erst recht nicht morphologisch wirksam werden.

Der organische Auflagehorizont auf dem Buckel mit 42,0 % organischer Substanz und dem verhältnismäßig weiten C:N-Verhältnis von 24,6 stellt einen Rest aus der Zeit dar, in der diese Buckelwiese von subalpinem Fichtenwald bewachsen war. Im übrigen liegen die Gehalte an organischer Substanz und Stickstoff sowie die C:N-Verhältnisse und ihre Verteilung im Bodenprofil (vgl. Tabelle 2) durchaus in Grenzen, die für typische Rendzinen charakteristisch sind. Der Schwund der Erdalkalicarbonate, die niedrigen Ca- und Mg-Gehalte und die saure Reaktion zeugen aber in der Delle von der starken Degradation dieses Bodentyps.

## B) BODENPROFILE IM FRIEDHÖFLE

Etwa auf dem halben Weg zwischen der Freiburger Hütte (1918 m) und dem Roggelskopf (2284 m) befindet sich Friedhöfle (ca. 1950 m), eine etwa 200 m lange und bis zu ca. 70 - 80 m breite Mulde (Abb. 7), die mit ca. 15 - 18 % gegen ESE geneigt ist. Sie ist von eisgeschliffenen Rundhöckern aus Hauptdolomit umgeben und mit dolomitischem Moränenschutt (eckiger Schutt



Abb. 7
Buckelwiese Friedhöfle, 1950 m über N. N. Weiße Pünktchen auf den Buckeln: die haarschopfartigen Fruchtstände der Silberwurz (*Dryas octopetala* L.) Auf den umliegenden Hängen: Latschen (*Pinus mugo* TURRA). Aufn. v. Verf.

von 0,2 - 10 cm Durchmesser mit schluffigem Feinsand) gefüllt. Die Oberfläche der Mulde zeigt eine lebhafte Kleinmorphologie, ein Gewirr von Buckeln und Dellen. Beide sind zum Teil länglich (dann ± im Gefälle), zum Teil rundlich. Die Dellen stellen kein Entwässerungsnetz dar, es besteht vielmehr, besonders zwischen den tiefsten Stellen der rundlichen (trichterförmigen) Eintiefungen, oft keine Verbindung. Die Buckel stehen meist 0,5 - 1,5 m über der Sohle der Dellen.

Das ganze Gebiet wird im Sommer von Rindern (meist Galtvieh) beweidet. Auf den Rundhöckern und weiteren Hängen um das Friedhöfle findet man noch einzelne Latschengruppen (*Pinus mugo* TURRA s. str.), das Friedhöfle selbst ist dagegen karges Weideland ohne größere Sträucher.

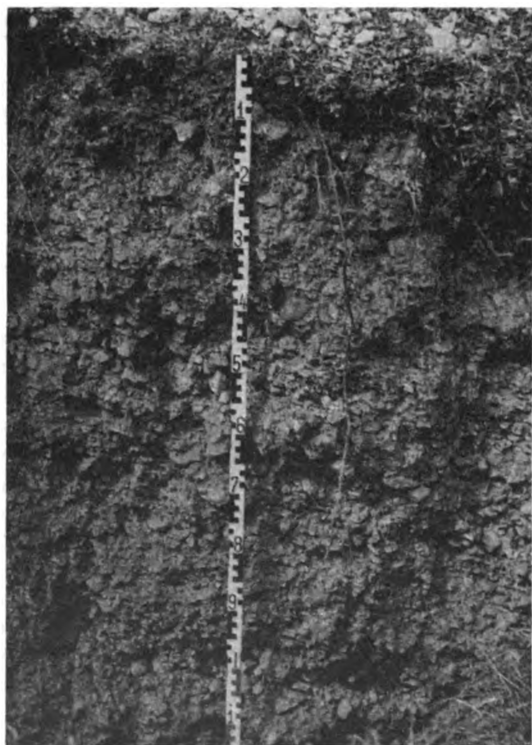


Abb. 8
Profil einer geringmächtigen subalpinen Rendzina unter *Caricetum firmae* (KERNER) BR.-BL. in einem Buckel der Buckelwiese Friedhöfle. Unter einem Ah-Horizont von wenigen cm befindet sich mächtiger, unverfestigter dolomitischer Moränenschutt, in dem sedimentations-bedingte Unterschiede kaum angedeutet sind und in dem keine Anzeichen für eine spätere Materialsortierung sprechen. Aufn. v. Verf.

Das Friedhöfle ist in der Literatur nicht ganz unbekannt: in einer Vegetationskarte hat H. GAMS (1961, S. 164) hier ein „Frostbodenkomplex des Friedhöfle" eingetragen, ohne jedoch näher über die Art und den Aufbau dieses Komplexes zu berichten. Auch E. LIEHL (1958, S. 18 - 19) hat sich anläßlich einer Exkursion mit dem Friedhöfle beschäftigt, bezeichnet aber die Buckel als „Rasenhügel".

Auf den Buckeln im Friedhöfle ist nur eine geringmächtige subalpine Rendzina entwickelt (Abb. 8). Interessantere und aufschlußreichere Bodenbildungen findet man in den trichterförmigen Dellen zwischen den Buckeln (Profile Nr. 145, 145a und 200).

*Profil Nr. 145.* 9. 10. 1967.

*Friedhöfle*, 1950 m. Profil in einer trichterförmigen Senke, die etwa 4 m breit und 1,1 m tief ist. Die Oberfläche der umliegenden Buckel wird zu 5% mit kleinen Steinen und Grus, zu 5% vom kahlen, ungeschützten Boden und zu 90% von der Vegetation eingenommen. Es ist ein Polsterseggenrasen (*Caricetum firmae* / KERNER / BR.-BL. 1926) in dem der geringen Bodenmächtigkeit entsprechend die Silberwurz (*Dryas octopetala* L.) stark vertreten ist. Im einzelnen zeigte dieses *Caricetum firmae* auf 20 m² folgende Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Charakterart der Assoziation: | |
| *Carex firma* MYGIND | 2.2 |
| Verbands-, Ordnungs- und Klassencharakterarten (*Seslerion-*, *Seslerietalia-* und *Elyno-Seslerietea*-Arten): | |
| *Dryas octopetala* L. | 3.3 |
| *Sedum atratum* L. | 1.1 |
| *Gentiana clusii* PERR. et SONG. | 1.1 |
| *Anthyllis vulneraria* L. | 1.1 |
| *Globularia cordifolia* L. | +.3 |
| *Globularia nudicaulis* L. | +.2 |
| *Festuca pumila* CHAIX | +.2 |
| *Hippocrepis comosa* L. *var. alpina* ROUY | +.2 |
| *Sesleria varia* (JACQ.) WETTST. | + |
| *Phyteuma orbiculare* L. | + |
| *Galium anisophyllum* VILL. | + |
| Begleiter: | |
| *Rhododendron hirsutum* L. | 1.3 |
| *Salix retusa* L. | 1.3 |
| *Tofieldia calyculata* (L.) WAHLENB. | 1.2 |
| *Soldanella alpina* L. | 1.1 |
| *Homogyne alpina* (L.) CASS. | 1.1 |
| *Polygonum viviparum* L. | 1.1 |
| *Ranunculus alpester* L. | 1.1 |
| *Festuca cf. violacea* GAUD. | +.2 |
| *Daphne striata* TROTT. | +.3 |
| *Pinus mugo* TURRA (eine Jungpflanze 10 cm hoch) | + |
| *Thymus polytrichus* KERN. | + |
| *Pinguicula cf. alpina* L. (steril) | + |
| *Aster bellidiastrum* (L.) SCOP. | + |
| *Biscutella laevigata* L. | + |
| *Leontodon incanus* (L.) SCHRANK | + |
| *Selaginella selaginoides* (L.) LINK | + |
| *Lotus corniculatus* L. | + |
| *Alchemilla sp.* | + |
| *Arabis sp.* | + |
| *Carex sp.* | + |
| Moose und Flechten: | |
| *Tortella tortuosa* (L.) LIMPR. | 1.2 |
| *Cladonia cf. pyxidata* (L.) FR. | + |

Im untersten Teil der untersuchten trichterförmigen Delle weist die Vegetation einen ganz anderen, wesentlich feuchteren und etwas nitrophilen Charakter auf. Es ist aber nur ein Fragment von ca. 1 m², den man nicht so ohne weiteres einer bestimmten Assoziation zuordnen kann:

| | |
|---|---|
| *Deschampsia caespitosa* (L.) P. B. | 2.2 |
| *Poa alpina* L. | 2.2 |
| *Alchemilla sp.* | 2.2 |
| *Soldanella alpina* L. | 2.2 |
| *Polygonum viviparum* L. | 1.1 |
| *Plantago alpina* L. | +.2 |
| *Festuca cf. violacea* Gaud. | +.2 |
| *Gnaphalium hoppeanum* Koch | + |
| *Ranunculus alpester* L. | + |
| *Homogyne alpina* (L.) Cass. | + |
| *Veronica alpina* L. | + |
| *Cerastium vulgatum* L. *ssp. fontanum* (Baumg.) Simk. | + |
| *Drepanocladus uncinatus* (Hedw.) Moenk. | + |

Ein Querschnitt durch zwei Buckel und eine trichterförmige Delle zeigt, daß unter den Buckeln eine geringmächtige subalpine Rendzina entwickelt ist. In der Delle wurde dagegen ein Verwitterungsschlot mit mächtigen humosen Horizonten tangential aufgeschnitten:

$O_L$ nur schwach angedeutet;

$A_{h1}$ (0 - 20 cm) schwarzer (10YR 2/1), sehr stark humoser, schwach skeletthaltiger schluffiger Ton, sehr gut durchwurzelt. Gefüge bröckelig. Skelett besteht aus dolomitischem Grus und kleinen Steinen, die an der schwarzen Feinerde helle Verwitterungsabdrücke hinterlassen. Mit HCl 1:3 reagiert die schwarze Feinerde nicht sichtbar, das Skelett nur verzögert und schwach.

$A_{h2}$ (20 - 40 cm) sehr dunkelgrauer bis schwarzer (feucht 10YR 2,5/1), skeletthaltiger (steiniger und grusiger) schluffiger Ton, mäßig durchwurzelt. Gefüge bröckelig. Skelett hinterläßt auf der Feinerde starke helle Verwitterungsabdrücke. Mit HCl 1:3 reagiert die Feinerde, trotz 24,8 % Erdalkalicarbonate (vgl. Tabelle 4), mit Verzögerung und ganz schwach.

$A_hC_v$ (40 - 55 cm) skelettreicher (steiniger und grusiger) Horizont mit dunkelgraubraunem (10YR 5/1,5, feucht 10YR 3/2), noch schwach humosem schluffigem Feinsand, in dem stellenweise noch das schwarze stark humose Material aus dem oberen Horizont sichtbar ist. Einzelne Wurzeln. Reaktion mit HCl 1:3 in der Feinerde und im Skelett verzögert und im Gelände in feuchtem und kaltem Boden schwach, im Labor etwas stärker.

$C_v$ (60 - 100 cm) skelettreicher, hohlraumreicher Horizont aus kleinen Steinen und Grus mit hellbraunem (10YR 5,5/1,5, feucht 10YR 4,5/1,5) sandigem Schluff ohne sichtbare Struktur, aber mit vielen nichtkapillaren Poren. Keine Wurzeln. Das Skelett ist eckig, mit nur wenig abgestumpften Kanten. Die Reaktion mit HCl 1:3 ist verzögert und ganz schwach sowohl in der Feinerde wie auch im Skelett (Dolomit!). Im Labor an trockener und auch etwas wärmeren Probe ist die Reaktion zwar auch etwas verzögert, aber dann intensiv. Die Eigenschaften dieses Horizontes entsprechen in etwa auch dem $C_v$-Horizont in den Buckeln, wo er in wenigen cm unter der Bodenoberfläche anzutreffen ist.

*Profil Nr. 145a.* 9. 10. 1967.

Gleiche trichterförmige Delle wie Profil Nr. 145. Durch weiteres Graben etwas weiter gegen die Mitte des Trichters zeigte sich, daß der Verwitterungsschlot mit schwarzer, stark humoser Feinerde im Profil Nr. 145 nur unvollständig aufgeschnitten wurde. In gleicher Tiefe, in welcher im Profil Nr. 145 bereits der $C_v$-Horizont aufgeschlossen wurde (60 - 100 cm) befindet sich gegen die Mitte des Verwitterungsschlotes noch der $A_h$-Horizont, der bis zu einer Tiefe von 110 cm aufgeschlossen wurde.

Tabelle 3

*Die Korngrößenverteilung in der Feinerde der Profile Nr. 145 und 145 a, Friedhöfle*

| Horizont | Tiefe | Feinerde enthält in % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ton <0,002 | Schluff 0,002 - - 0,02 | Staub 0,02 - 0,062 | Feinsand 0,062 - 0,1 | Grobsand 0,1 - 2,0 |
| | cm | mm | mm | mm | mm | mm |
| *Profil Nr. 145, trichterförmige Delle, Tangentialschnitt* | | | | | | |
| $A_{h2}$ | 20 - 40 | 46,2 | 14,5 | 15,8 | 20,9 | 2,6 |
| $A_hC_v$ | 40 - 55 | 6,1 | 8,0 | 34,6 | 47,0 | 4,3 |
| $C_v$ | 60 - 100 | 3,8 | 8,6 | 44,0 | 38,8 | 4,8 |
| *Profil Nr. 145 a, gleiche Delle wie Nr. 145, Mitte des Trichters* | | | | | | |
| $A_h$ | 50 - 70 | 47,1 | 39,6 | 11,7 | 1,3 | 0,3 |

Eine Probe aus 50 - 70 cm, schwarzer, schluffiger Ton, enthielt noch 22,7 % organische Substanz bei nur Spuren von Erdalkalicarbonaten und kein Skelett (Tabellen 3 und 4).

In den $A_h$-Horizonten der Profile Nr. 145 und 145a zeichnet sich in der Korngrößenverteilung (Tabelle 3) im Vergleich zu den $A_hC_v$- und $C_v$-Horizonten nicht nur eine starke Abnahme bzw. das Fehlen des Skeletts ab, sondern auch eine Zunahme des Tongehaltes von 3,8 - 6,1 auf 46,2 bzw. 47,1 % und des Schluffgehaltes von ca. 8 % auf 14,5 bzw. 39,6 % auf Kosten der gröberen Fraktionen, in erster Linie des Staubes und des Feinsandes.

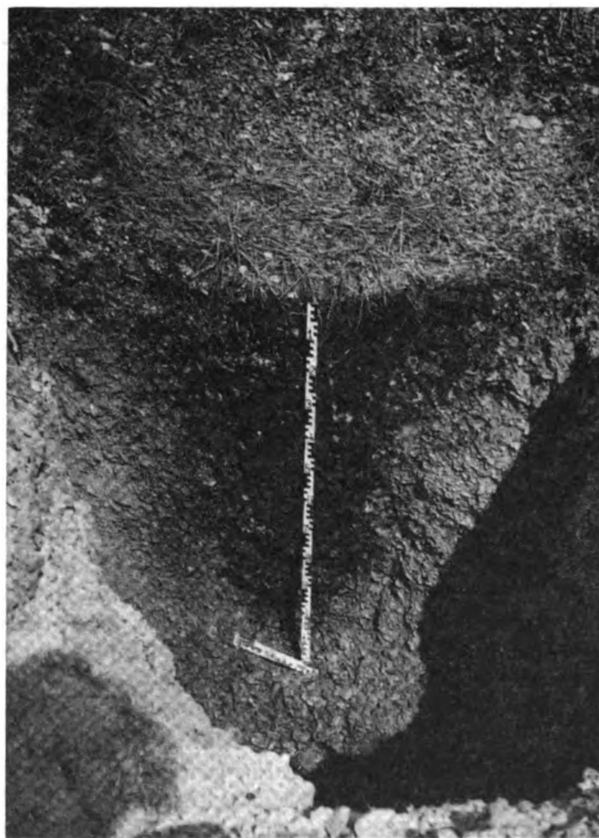


Abb. 9

Profil Nr. 200, Friedhöfle, geöffnet in einer trichterförmigen Delle bis zu 120 cm Tiefe. Auffallend ist der krasse Gegensatz zwischen dem hellen, dolomitischen Moränenschutt und dem fast skelettfreien, schwarzen, stark humosen, nur Spuren bis wenige Prozente Erdalkalicarbonate enthaltenden Boden in der Mitte. Bei der weiteren Ausgrabung noch etwas mehr gegen die Mitte der Delle konnte der nach unten etwas enger werdende Verwitterungsschlot mit schwarzer Feinerde bis zu einer Tiefe von 200 cm verfolgt werden. Aufn. v. Verf.

**Tabelle 4**

*Profile Nr. 145 a und 200, Im Friedhöfle, 1950 m*

| Horizont | Tiefe cm | pH in $H_2O$ | pH in n/10 - KCl | Erdalkali-carbonate als $CaCO_3$ nach Scheibler % | Ca (in HCl % | Mg 1:2) % | Ca:Mg (atomar) | Org. Substanz % | C % | N % | C:N | Skelett in d. Bodenprobe % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Profil Nr. 145, trichterförmige Delle, Tangentialschnitt* | | | | | | | | | | | | |
| $A_{h1}$ | 0 - 20 | 6,5 | 6,1 | 3,2 | 1,44 | 0,58 | 1,51 | 29,4 | 17,1 | 1,48 | 11,6 | 7,1 |
| $A_{h2}$ | 20 - 40 | 7,4 | 6,9 | 24,8 | 5,37 | 1,83 | 1,78 | 18,0 | 10,5 | 1,13 | 9,3 | 13,6 |
| $A_hC_v$ | 40 - 55 | 8,0 | 7,6 | 95,7 | 20,04 | 10,85 | 1,12 | 1,2 | 0,7 | 0,10 | — | 38,7 |
| $C_v$ | 60 - 100 | 8,4 | 8,2 | 102,7[1]) | 20,92 | 11,84 | 1,07 | Spuren | Spuren | 0,01 | — | 55,3 |
| $C_v$ | 60 - 100 | Skelett = Hauptdolomit | | | 21,80 | 12,83 | 1,03 | — | — | — | — | — |
| *Profil Nr. 145 a, gleiche Delle wie Nr. 145, Mitte des Trichters* | | | | | | | | | | | | |
| $A_h$ | 50 - 70 | 7,2 | 6,6 | Spuren | 0,92 | 0,44 | 1,27 | 22,7 | 13,2 | 1,33 | 9,9 | 0 |
| *Profil Nr. 200, Mitte einer trichterförmigen Delle* | | | | | | | | | | | | |
| $A_{h1}$ | 2 - 20 | 6,6 | 6,2 | 4,4 | 2,28 | 1,12 | 1,23 | 36,9 | 21,4 | 1,93 | 11,1 | 6,8 |
| $A_{h2}$ | 20 - 45 | 7,0 | 6,5 | 4,0 | 1,68 | 0,89 | 1,16 | 29,3 | 17,0 | 1,48 | 11,5 | 0 |
| $A_{h3}$ | 45 - 58 | 7,0 | 6,5 | 3,2 | 1,96 | 0,90 | 1,32 | 33,1 | 19,2 | 1,65 | 11,6 | 0 |
| $A_{h4}$ | 58 - 68 | 7,1 | 6,5 | 2,4 | 1,76 | 0,68 | 1,57 | 32,2 | 18,7 | 1,52 | 12,3 | 0,5 |
| $A_{h5}$ | 68 - 80 | 7,2 | 6,5 | 1,2 | 1,76 | 0,70 | 1,53 | 28,6 | 16,6 | 1,41 | 11,8 | 0 |
| $A_{h6}$ | 80 - 95 | 7,2 | 6,5 | 2,0 | 1,52 | 0,80 | 1,15 | 22,9 | 13,3 | 1,27 | 10,5 | 0 |
| $A_{h7}$ | 100 - 120 | 7,2 | 6,5 | 1,6 | 1,34 | 0,76 | 1,07 | 23,4 | 13,6 | 1,19 | 11,4 | 0 |
| $A_{h8}$ | 130 - 150 | 7,2 | 6,5 | 2,4 | 1,54 | 0,76 | 1,23 | 27,2 | 15,8 | 1,25 | 12,6 | 0 |
| $A_{h9}$ | 150 - 165 | 7,2 | 6,5 | 2,4 | 1,30 | 0,78 | 1,10 | 21,9 | 12,7 | 1,10 | 11,5 | 0 |
| $A_{h10}$ | 165 - 185 | 7,2 | 6,5 | 1,2 | 1,46 | 0,78 | 1,14 | 27,2 | 15,8 | 0,99 | 16,0 | 0 |
| $A_{h11}$ | 185 - 195 | 7,3 | 6,6 | 0,4 | 0,96 | 0,49 | 1,17 | 13,8 | 8,0 | 0,68 | 11,8 | 0 |

[1]) Der Wert über 100 % kommt dadurch zustande, daß bei der Bestimmung nach SCHEIBLER aus dem volumetrisch bestimmten $CO_2$ Gesamtcarbonat auf $CaCO_3$ umgerechnet wird. Da wegen des niedrigeren Atomgewichtes des Mg der Dolomit mehr Gewichtsprozente $CO_2$ enthält als $CaCO_3$, könnten theoretisch bei reinem Dolomit Scheibler-Werte bis 108,5 erwartet werden.

Neben der Abnahme des Erdalkalicarbonatgehaltes zeugt dies davon, daß auch hier, ebenso wie bei den Buckelwiesen der tieferen Lagen, in den Dellen eine relativ intensive Verwitterung stattfindet.

Im Vergleich zu den Buckelwiesen der tieferen Lagen sind hier aber die Humusgehalte (Tabelle 4) in der Delle wesentlich höher, was dem Boden im Zusammenhang mit der starken Zerkleinerung und Humifizierung der organischen Reste den Charakter einer Alpinen Pechrendzina verleiht. Lediglich die Bodenmächtigkeit ist hier wesentlich größer, als dies bei den Alpinen Pechrendzinen sonst üblich ist.

*Profil Nr. 200.* 28. 8. 1968

*Friedhöfle,* ca. 1950 m, unweit des Profils Nr. 145. Trichterförmige Eintiefung, die von 0,8 bis 1,2 m hohen Buckeln umgeben ist. Diese Buckel sind von einem *Caricetum firmae* mit viel *Dryas octopetala* L. bewachsen, das eine ähnliche Zusammensetzung wie auf den Buckeln um das Profil Nr. 145 aufweist. In der Mulde dominiert die Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*/L./ P. B.), dazwischen wurden vereinzelt auch *Ranunculus cf. montanus, Ligusticum sp.* und *Alchemilla sp.* gefunden.

Auf dem Buckel befindet sich nur eine geringmächtige subalpine Rendzina auf unsortiertem Moränenschutt (Abb. 8). In der Delle ist dagegen ein 2 m mächtiger Verwitterungsschlot mit schwarzer, stark humoser, nur ganz schwach carbonathaltiger (Tabelle 4) Feinerde inmitten des hellen, höchstens Spuren der organischen Substanz enthaltenden, rein dolomitischen Moränenschuttes entwickelt (Abb. 9):

$O_L$ (0 - 2 cm), lose, trockene Grasblätter;

$A_{h1}$ (2 - 20 cm) schwarzer, stark humoser, reichlich durchwurzelter Horizont mit zahlreichen kleinen Steinen (wohl aus einer seichteren, seitlichen Delle eingeschwemmt). Steine hinterlassen auf der Feinerde starke helle Verwitterungsrinden. Das Gefüge ist krümelig bis bröckelig;

$A_{h2}$ (20 - 45 cm) schwarzer, stark humoser, grobpolyedrischer Horizont mit einzelnen kleinen Steinen und hellen Verwitterungsabdrücken sowie mit einzelnen Wurzeln;

$A_{h3}$ (45 - 58 cm) schwarzer, stark humoser, dichter Horizont mit nur wenigen weißen Pünktchen des Dolomits. Kein Skelett. Nur einzelne Wurzeln. Bei der Trocknung schrumpft die Bodenprobe stark zusammen und wird sehr hart, wesentlich härter als der Dolomit. Dies gilt auch für die nachfolgenden Horizonte.

$A_{h4}$ (58 - 68 cm) wie $A_{h3}$, nur mit etwas brauner mineralischer Substanz;

$A_{h5}$ (68 - 80 cm) wie $A_{h3}$; ähnliche Eigenschaften weisen auch

$A_{h6}$ (80 - 95 cm), $A_{h7}$ (100 - 120 cm), $A_{h8}$ (130 - 150 cm), $A_{h9}$ (150 - 165 cm), und $A_{h10}$ (165 - 185 cm) auf. Lediglich in unteren Horizonten bekommt die Farbe im trockenen Zustand einen dunkelgraubraunen Stich, feucht sind alle Proben schwarz.

$A_{h11}$ (185 - 195 cm) mit der erstmaligen Abnahme der organischen Substanz auf 13,8 % wird die Farbe im trockenen Zustand nur ein wenig heller: sehr dunkelgraubraun (10YR 3/1,5), feucht bleibt sie schwarz (10YR 2/1).

Mit der Tiefe verengt sich der Verwitterungskeil mit der schwarzen Feinerde erheblich. Während an der Bodenoberfläche die Sohle der trichterförmigen Eintiefung 140 cm breit ist, beträgt die Breite des Verwitterungskeils

in 30 cm Tiefe 70 cm
in 100 cm Tiefe 28 cm
in 120 cm Tiefe 22 cm
in 130 cm Tiefe 22 cm
in 150 cm Tiefe 20 cm.

### $^{14}$C-*Daten*

Befunde über die Verbreitung und den bodenkundlichen Aufbau der Buckelwiesen schließen von vornherein einige Hypothesen über die Bildung von Buckelwiesen aus. So scheiden der Windwurf sowie die Heraushebung der Hügel durch Frost als mögliche Ursachen für die Bildung von Buckelwiesen aus, weil durch solche Bodenbewegungen eine Vermischung des Bodenmaterials zustande käme, während wir in der Tat auf den Buckelwiesen eine starke Differenzierung der Bodenbildung vorfinden, die nur durch lange andauernde bodenbildende Prozesse zu erklären ist.

Auch durch das Ausschmelzen der Eiskeile lassen sich die Buckelwiesen-Morphologie und die mächtigen, stark humosen Bodenkeile des Friedhöfle nicht erklären. Es ist einerseits nicht anzunehmen, daß die Bodenbildung einen bestehenden Hohlraum hätte allmählich auffüllen können. So lange hätten die Wände aus losem Schutt nicht halten können, und auch eine Besiedlung des stark beschatteten Bodens und der Wände eines solchen engen und tiefen Trichters durch die Vegetation wäre kaum möglich gewesen. Andererseits kann die schwarze Feinerde im Bodenkeil auch nicht von einem früheren Boden stammen, der etwa in einen durch das Ausschmelzen eines Eiskeils freigewordenen Hohlraum eingeflossen wäre. Dagegen sprechen die $^{14}$C-Alter (Abb. 10), die allmählich von oben nach unten zunehmen.

Vielmehr sprechen die Morphologie und die mit der Tiefe allmählich zunehmenden $^{14}$C-Alter dafür, daß der Boden im untersuchten Bodenkeil durch die Ansammlung der an Ort und Stelle erzeugten organischen Substanz, des Flugstaubs sowie des von den Buckeln eingeschwemmten Materials langsam gebildet wurde und allmählich nach oben gewachsen ist. Hand in Hand mit der Neubildung des Bodens an der Bodenoberfläche erfolgte eine allmähliche Eintiefung des Verwitterungskeils in den Moränenschutt. Diese Eintiefung wurde ermöglicht durch das Auflösen des dolomitischen Moränenschuttes, das durch reichere Befeuchtung

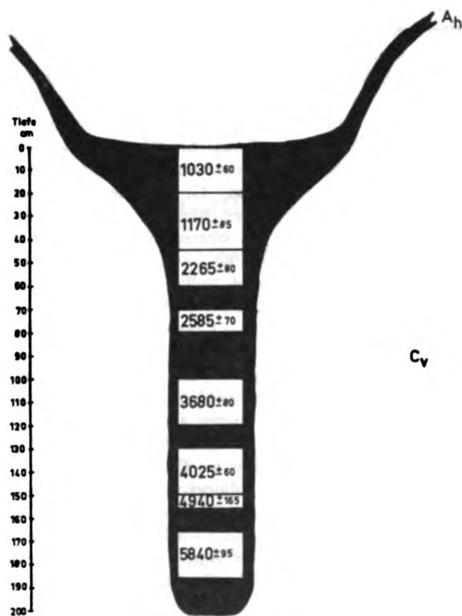



Abb. 10
$^{14}$C-Alter und Entnahmestellen einiger Bodenproben aus dem Profil Nr. 200, Im Friedhöfle
(Altersbestimmungen durchgeführt von Dr. M. A. Geyh, $^{14}$C-Labor des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, Hannover)
Das mit der Tiefe ± regelmäßig zunehmende $^{14}$C-Alter spricht dafür, daß parallel mit der Neubildung des schwarzen, pechmoderrendzina-artigen Bodens an der Bodenoberfläche, in der Mitte der Delle infolge Auflösung und unterirdischer Abführung des Dolomitschuttes eine allmähliche Absenkung in den Trichter erfolgt ist.

im Trichter (im Vergleich zu den Buckeln) begünstigt wurde. Es ist nicht auszuschließen, daß dabei durch die einmal gebildeten unterirdischen Abflußbahnen ein Teil des Moränenmaterials auch in suspendiertem Zustand abgeführt wurde. Nach den $^{14}$C-Daten müssen diese Vorgänge mindestens 6000 - 7000 Jahre angedauert haben und sie dauern heute noch an.

Somit war für die Bildung der Buckelwiese Friedhöfle nicht das Herausheben der Buckel, sondern die Bildung von Dellen entscheidend, die durch die Lösungsverwitterung und Bodenbildung im carbonatischen Schutt im Laufe langer Perioden erfolgte.

Auf Grund ihres Vorkommens auf lange ruhendem Schutt und auf Grund ihres Aufbaues kann eine analoge Bildungsweise auch für die übrigen untersuchten Buckelwiesen der Lechtaler Alpen angenommen werden.

### Zusammenfassung

Die bodenkundlichen Untersuchungen an Buckelwiesen in den westlichen Lechtaler Alpen haben gezeigt:

1. Die Buckelwiesen in den westlichen Lechtaler Alpen sind auf carbonatreichen, älteren Lech-Ablagerungen und auf rein dolomitischem Moränenschutt entwickelt. In der heutigen Flußaue findet man sie nicht.

2. Die untersuchten Buckelwiesen befinden sich in der Höhenstufe des subalpinen Fichtenwaldes (*Piceetum subalpinum* Br.-Bl.) und im Latschengürtel (*Pinus mugo* Turra grex *prostrata*), tragen aber selber größtenteils eine sekundäre Weidevegetation.

3. Soweit noch Fichtenbäume oder ihre Stümpfe erhalten sind, stehen sie niemals auf den tiefsten Stellen der Dellen, sondern stets auf den Buckeln.

4. Bei allen untersuchten Buckelwiesen besteht eine ± starke Differenzierung der Bodenbildung auf den Buckeln und in den Dellen.

5. Die Böden der Buckel sind ähnlich in den verschiedenen Höhenlagen, besonders wenn sie nur eine Weidevegetation tragen. Es sind überall geringmächtige, bis zur Bodenoberfläche carbonathaltige Rendzinen (es sei denn, sie enthalten noch unzersetzte Reste des sauren Waldhumus).

6. Die Bodenbildung in den Dellen ist weiter fortgeschritten als auf den Buckeln, was besonders durch den verminderten Carbonatgehalt und mächtigere $A_h$-Horizonte zum Ausdruck kommt. Sie zeigt eine deutliche vertikale Zonalität, und zwar in dem Sinne, daß die Böden der Dellen in den Hochlagen wesentlich humusreicher sind (Alpine Pechrendzina).

7. Für die Bildung der Buckelwiesen in den Lechtaler Alpen war nicht das Herausheben der Buckel, sondern die Bildung der Dellen entscheidend. Diese erfolgte im Postglazial, und zwar — nach den $^{14}$C-Daten des Profils 200. Friedhöfle — allmählich, während mindestens 6000 - 7000 Jahre, durch die Lösungsverwitterung im carbonatreichen Moränenschutt oder in alten, nicht mehr überschwemmten Lech-Ablagerungen und dauert heute noch an.

8. Auf Grund der langsamen Entwicklung der Buckelwiesen ist es nicht zu erwarten, daß sie sich auf den für landwirtschaftliche Zwecke eingeebneten Flächen wieder schnell regenerieren könnten.

9. Wenn auch keine Relikte des Spätglazials, so sind die Buckelwiesen doch interessante Naturobjekte mit einer langen Entwicklung; wenigstens einige von ihnen sollte man deshalb unter Naturschutz stellen.

### Summary

Title of the paper: *Hummocky meadows and their soil development in the western Lechtal Alps (Austria).*

1. The hummocky meadows in the western Lechtal Alps developed on carbonate-rich older alluvial deposits and on pure

dolomitic moraine gravel. They are absent from present river flood plains.

2. The altitudinal range of the hummocky meadows coincides with the *Piceetum subalpinum* Br.-Bl. and the belt of *Pinus mugo* Turra var. *prostrata* Hoopes, but they are mostly covered with secondary meadow vegetation.

3. Spruce trees and stumps occur on the hummocks and never in the hollows between them.

4. Hummocks show a different soil development from the hollows.

5. The soils of the hummocks in different altitudes are similar, especially under meadows, and are shallow rendzina with carbonate to the surface, unless the soil still contains undecomposed relics of acid forest humus.

6. In the hollows, soils are more mature, which is indicated by a lower carbonate content and a deeper $A_h$. They exhibit marked altitudinal zonality with higher humus content at higher altitude (alpine pitch-rendzina).

7. The hummocky meadows in the Lechtal were formed by the incision of the hollows and not by an up-lift of the hummocks. The hummocky meadows were formed gradually during the postglacial by chemical weathering in moraine or old-alluvial material. Radiocarbon dating indicates that this process began at least 6000 to 7000 years ago, and it still continues.

8. The slow development makes rapid regeneration of the hummocky meadows on levelled fields unlikely.

9. Even if the hummocky meadows are no relics of the late glacial, they are interesting, ancient objects with a slow development. Therefore at least some of them should be preserved and protected. E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *Les «Buckelwiesen» et leur pédogénèse dans l'ouest des Alpes du Lechtal.*

Les recherches pédologiques sur les «Buckelwiesen» (prairies en «bosses», prairies moutonnées, prés à buttes pas identiques avec les «buttes gazonnées») dans l'ouest des Alpes du Lechtal ont donné les résultats suivants:

1. Dans l'ouest des Alpes du Lechtal, les «Buckelwiesen» se sont formées sur d'anciennes alluvions de la Lech, riches en carbonates, et sur des moraines purement dolomitiques. On ne les trouve pas dans le fond de la vallée actuelle.

2. Les «Buckelwiesen» étudiées se trouvent dans la zone supérieure de la pessière subalpine (*Piceetum subalpinum* Br. Bl.) et dans la ceinture du pin mugho (*Pinus mugo* Turra *grex prostrata*) mais où, sur une grande partie, s'est développée une prairie secondaire.

3. S'il y a des épicéas ou des souches d'épicéas, ce n'est que sur les bosses et jamais dans les parties basses des dépressions.

4. Pour toutes les «Buckelwiesen» étudiées il y a une différence plus ou moins importante dans la pédogénèse suivant qu'on se trouve sur une bosse ou dans une dépression.

5. Les sols des bosses (Buckel) sont analogues quelle que soit l'altitude, notamment quand ils ne portent qu'une végétation de prairie. Ce sont des renzines de faible épaisseur, riches en carbonates jusqu'à la surface du sol (à moins qu'elles ne contiennent encore des restes non décomposés d'humus forestier acide).

6. Dans les dépressions (Dellen), la pédogénèse est plus avancée que sur les bosses ce qui se traduit notamment par une teneur plus faible en carbonates et par la présence d'un horizon Ah plus important. La zonation verticale apparaît nettement et il semble que ces sols des dépressions soient nettement plus humifères en altitude (Pechrendzines alpines).

7. Pour la formation des «Buckelwiesen» dans les Alpes du Lechtal, c'est l'apparition des dépressions qui fut déterminante et non l'exhaussement des bosses. La datation au carbone 14 du profil 200 de Friedhöfle, a montré que ces dépressions se formèrent au post-glaciaire, d'une manière progressive; le phénomène qui dura de 6000 à 7000 ans est du à une décomposition par solubilisation dans les moraines riches en carbonates ou dans les anciennes alluvions de la Lech qui n'étaient plus submergées.

8. La formation des «Buckelwiesen» étant très lente on ne doit pas s'attendre à ce qu'elles puissent se reformer rapidement après nivellement du terrain dans un but agricole.

9. Bien qui'il ne s'agisse pas de reliques du tardiglaciaire, ces «Buckelwiesen», avec leur lente formation, n'en présentent pas moins un intérêt certain; quelques unes au moins doivent être conservées au titre de la protection de la nature. J. M.

## Schrifttum

Ampferer, O., Benzinger, Th., Reithofer, O.: Geologische Karte der Lechtaler Alpen: Klostertaler Alpen. 1 : 25.000. Geologische Bundesanstalt, Wien 1932. — Barthel, H., Haase, G., Richter, H.: Extrazonale Frostbodenphänomene im Changai und Gobi-Altai. Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden, 12, (H. 2), S. 481 - 487, Dresden 1963. — Capello, C. F.: Terminologia e sistematica dei fenomeni dovuti al gelo discontinuo (= Università di Torino, Pubblicazioni della Facoltà die Magistero, 17). G. Giappichelli, Torino 1960. — Carbiener, R.: Etude de la genèse des «réseaux de buttes gazonnées» ou «thufur», une forme de sol cryoturbé, dans les hautes Vosges. C. R. Acad. Sc., Bd. 258, S. 5503 - 5505, Paris 1964. — Carbiener, R.: Amorphe Frostmusterböden, nivale Solifluktion und Gesellschaftsmosaik in den Vogesen. Relation entre cryoturbation, solifluction et groupements végétaux dans les Hautes Vosges. Zsfsg. d. Referats am 10. Internat. Symposion über Gesellschaftsmorphologie, Rinteln/Weser 4. - 7. April 1966. — Costin, A. B.: A note on gilgaies and frost soils Journal of Soil Sci., Bd. 6, S. 32 - 34, und 3 Tafeln mit 6 Abb., London 1955. — Dalquest, W. W., Scheffer, V. B.: The origin of the Mima mounds of Western Washington. Journal of Geology, 50, S. 68 - 84, Chicago, Ill., 1942. — Doposcheg, J.: Berge und Pflanzen (Werden und Wachsen) in der Landschaft Werdenfels. Naturkundlicher Führer. Verlag A. Adam, Garmisch 1938. — Ebers, E.: Zur Kultivierung der Buckelwiesen bei Mittenwald. Blätter für Naturschutz, Jg. 22, S. 107 - 110, München 1939. — Ebers, E.: Versteppungserscheinungen auf den Kalkschuttböden des deutschen Alpen- und Voralpengebietes. Deutsche Wasserwirtschaft, Jg. 1940, S. 98 - 100, Berlin 1940. — Ebers, E.: Quartärgeologische Exkursion in das alpine Isargletschergebiet zwischen Bad Tölz und Mittenwald. Geol. Bavarica, Bd. 6, S. 127 - 128, München 1951. — Ebers, E.: Das Problem der Buckelwiesen. Natur und Volk, Bd. 87, S. 113 - 120, Frankfurt/M. 1957. — Ebers, E.: Die Buckelwiesen: nicht Eiszeitalter, sondern Gegenwart. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 10, S. 105 - 112, Öhringen/Württ. 1959. — Furrer, G. J.: Die Höhenlage von subnivalen Bodenformen untersucht in den Bündner und Walliser Alpen und verglichen mit den Verhältnissen im oberen Braldo- und Biafotal (Karakorum). Habilitationsschrift. Zürich 1965. — Gams, H.: Die Pflanzenwelt. In: K. Ilg (Herausgeber), Landes- und Volkskunde, Geschichte, Wirtschaft und Kunst Vorarlbergs, Bd. 1, Landschaft und Natur, S. 135 - 172, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck 1961. — Giacomini, V., Lippi-Boncambi, C.: La pedogenesi dei terreni a cuscinetti (o «zolle erbose») in Val di Madesimo (Alpi Retiche). Annali Facoltà Agraria di Perugia, Bd. 10, S. 3 - 12, 1 Vegetationstabelle und 4 Abb. auf zwei Tafeln, Perugia 1955. — Goldberger, J.: Morphologische Beobachtungen am Tschirgant bei Imst. Alpengeographische Studien. Zum 50. Geburtstag Prof. Dr. Hans Kinzl's (= Schlern-Schriften 65), S. 9 - 17, Innsbruck 1950. — Gračanin, M.: Geneza dzomba (Zur Genesis der Dschombenböden) Poljoprivredna naučna smotra — Revisio Scientifica Agriculturae, Bd. 3, S. 53 - 63, Zagreb 1941. — Gračanin, Z.: Boden- und Vegetationsentwicklung auf dem Hauptdolomit in der alpinen Rasenstufe der Allgäuer und Lechtaler Alpen. Zsfsg. d. Referats am Internationalen Symposion über Fragen der Gesellschaftsentwicklung (Syndynamik) in Rinteln/Weser vom 20. - 23. 3. 1967. — Gračanin, Z.: Höhenlage, Aufbau und bodensystematische Stellung der Streifenböden in den Allgäuer und Lechtaler Alpen und Engadiner Dolomiten. Mitt. d. Deutschen Bodenkundl. Ges., Bd. 8, S. 251 - 272, Göttingen 1968. — Gračanin, Z.: Streifenböden auf Kalk und Dolomit und ihre Vegetation in den Ostalpen. Zsfsg. d. Referats am 13. Internat. Symposion über den Problemkreis Vegetation und Substrat in Rinteln/Weser vom 31. 3. - 3. 4. 1969. — Gračanin, Z.: Nutzung und Schutz von Böden aus Carbonatsgesteinen im Bereich der alpinen Waldgrenze. Forstarchiv, Jahrg. 41, S. 169 - 173, Hannover 1970. — Hallsworth, E. G., Robertson, G. K., Gibbons, F. R.: Studies in pedogenesis in New South Wales. VII. The 'gilgai' soils. Journal of Soil Sci., Bd. 6, S. 1 - 31, Tafel 1 - 7, London 1955. — Haserodt, K.: Untersuchungen zur Höhen- und Altersgliederung der Karstformen in den Nördlichen Kalk-

alpen. Münchener Geogr. Hefte, 27 (= Diss. Univ. München), München 1965. — HÖLLERMANN, P. W.: Zur Verbreitung rezenter periglazialer Kleinformen in den Pyrenäen und Ostalpen (mit Ergänzungen aus dem Apennin und dem Französischen Zentralplateau). Göttinger Geogr. Abh., H. 40, Göttingen 1967. — Hydrographischer Dienst in Österreich: Die Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österreich im Zeitraum 1951 - 1960. Beitr. z. Hydrographie Österr., H. 38, Wien 1964. — JERZ, H. u. a.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 8533/8633 Mittenwald. Bayerisches Geologisches Landesamt, München 1966. — JERZ, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 8134 Königsdorf. Bayerisches Geologisches Landesamt, München 1969. — JUNG, L., ROHMER, W.: Vergleichende Untersuchungen über die Eignung von Natriumpyrophosphat und Calgon zur Dispergierung von $CaCO_3$-haltigen sowie tonreichen Böden. Z. f. Kulturtechnik, Jg. 7, S. 268 - 273, Berlin und Hamburg 1966. — KNAUER, J.: Die Entstehung der Buckelwiesen. Mitt. Geogr. Ges. München, Bd. 34 (1942/43), S. 207 - 220, München 1943. — KRIEG, W.: Geomorphologische Beobachtungen. Die Verkarstung des östlichen Dachsteinstockes und ein Beitrag zum Problem der Buckelwiesen. Diss. Phil. Fak. Univ. Graz 1953. — KSANDR, J.: Kopečkovité půdy na jizním svahu Vysokych Tater (Příspěvek k vyzkumu Tatranského národního parku). Ochrana přirody, Jg. 8, S. 78 - 81, Praha 1953. — KUBIENA, W. L.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Ferdinand Enke, Stuttgart 1953. — KUNSKY, J., LOUČEK, D.: Stone stripes and thufurs in the Krkonoše. Bjuletyn Peryglacjalny, Nr. 4, S. 345 - 349, Taf. 37 - 38, Lódz 1956. — LECHNER, A.: Die Verkarstung im Karwendel Diss. Phil. Fak. Univ. Innsbruck 1948. — LIEHL, E. (Red.): Vorarlberg-Exkursion 1. - 10. August 1958 des Geographischen Unterseminars Freiburg i. Br. Bericht der Teilnehmer mit Ergänzungen des Redaktors. Freiburg i. Br. 1958. — LIPPI-BONCAMBI, C.: Osservazioni pedologiche su manifestazioni periglaciali (suoli a cuscinetti, o zolle erbose) in Valsavaranche (Gran Paradiso). Annali della Facoltà di Agraria della Università di Perugia, Bd. 9, S. 170 - 177 u. 1 Tafel mit 3 Abb., Perugia 1953. — LUTZ, J. L.: Zum Problem der Buckelwiesenkultur bei Mittenwald. Mitt. f. Landkultur, Moor- und Torfwirtschaft, Jg. 7 (H. 4), München 1959. — LUTZ, J. L.: Die Bodenbildungen der Buckelwiesen. S. 99 - 115 in: J. L. LUTZ und H. PAUL: Die Buckelwiesen bei Mittenwald. Berichte der Bayerischen Bot. Ges. zur Erforschung d. heimischen Flora, Bd. 27, S. 98 - 138, Nürnberg 1947. — Die Marktgemeinde Mittenwald: Strukturwandlungen einer Gemeinde im bayerischen Oberland. Bearbeitet von Studierenden des Technisch-wirtschaftlichen Instituts an der Technischen Hochschule München unter Leitung von Prof. Dr. H. BECHTEL. Beiträge zur Heimat- und Siedlungsforschung. Arbeitsstelle München für Volksforschung und Heimaterziehung, München 1940. — MICHELER, A.: Die Buckelwiesen zwischen Mittenwald und Krün — ein Problem des oberbayer. Naturschutzes. Verh. Deutscher Beauftragter für Naturschutz und Landschaftspflege, 10. Jahrestagung 10. - 15. Juli 1956 in Passau, S. 143 - 149, Bad Godesberg 1957. — MÜLLER, S.: Buckelwiesen, Beobachtungen aus den Julischen Alpen. Kosmos, Jg. 55, S. 40 - 44, Stuttgart 1959. — MÜLLER, S.: Isländische Thufur- und alpine Buckelwiesen — ein genetischer Vergleich. Natur und Museum, Bd. 92, S. 267 - 274 u. 299 - 304, Frankfurt/Main 1962. — NANGERONI, G.: Appunti sui fenomeni periglaciali recenti e attuali nelle Alpi. Atti del 16° Congresso Geografico Italiano, S. 561 - 565, Padova 1954. — NANGERONI, G.: Sprawozdanie z badan peryglacjalnych we Wloszech. Biuletyn Peryglacjalny, Nr. 5, S. 11 - 22, 1957. — PENCK, A.: Die Buckelwiesen von Mittenwald am Karwendel. Mitt. Geogr. Ges. München, Bd. 33 (1940/41), S. 3 - 8 u. 8 Abb. auf Tafeln, München 1941. — PRECHTL, H.: Geomorphologische Strukturen. Tübinger Geogr. Studien, H. 17, Tübingen 1965. — PRIEHÄUSSER, G.: Über die Entstehung der Buckelwiesen bei Mittenwald. Bayerisches Landw. Jahrbuch, Jg. 34, S. 111 - 120, München 1957. — RATHJENS, C.: Über Klima und Formenschatz der Späteiszeit. Geologica Bavarica, Nr. 19, Zum Quartär der Alpen und des Alpenvorlandes, S. 186 - 194, München 1953. — RATHJENS, C.: Das Schlernstadium und der Klimaablauf der Späteiszeit im nördlichen Alpenraum. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 4/5, S. 181 - 188, Öhringen/Württ. 1954. — SCHEFFER, V. B.: The Mistery of the Mima mounds. Scientific Monthly, Bd. 65, S. 283 - 294, Washington, D. C. 1947. — SCHMIDEGG, E.: Die Enchytraeiden des Hochgebirges der Nordtiroler Kalkalpen. Berichte d. Naturwiss.-med. Vereines, Bd. 45/46 (1934/35 - 1937/38), S. 1 - 45, Innsbruck 1938. — SCHÖNHALS, E.: Späteiszeitliche Wind-Ablagerungen in den Nördlichen Kalkalpen und die Entstehung der Buckelwiesen. Natur und Volk, Bd. 87, S. 317 - 328, Frankfurt/M. 1957. — SEKYRA, J.: Thufury a guirlandové půdy v Bělskych Tatrách. Sbornik Ceskoslovenske Společnosti Zemĕpisne, 55, S. 214 - 219, Praha 1950. — SEKYRA, J.: Působení mrazu na půdu. Kryopedologie se zvláštním zřetelem k CSR. Geotechnica Bd. 27. Nakladatelství Ceskoslovenské akademie věd, Praha 1960. — STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Die Geologie der Umgebung von Lech (Vorarlberg). Diss., masch.-schr., Marburg 1960. — STÖCKLI, A.: Über das Vorkommen der Enchytraeiden in Wiesen, Weiden, Ackerland und Waldböden der Schweiz. Landw. Jb. Schweiz, Jg. 71, S. 171 - 188, Bern 1957. — SUESS, H. E.: Secular variations of the cosmic-ray-produced carbon 14 in the atmosphere. Journal of Geophys. Res., Bd. 70 (Nr. 23), S. 5937 - 5952, Washington 1965. — SUESS, H. E.: Die Eichung der Radiocarbonuhr. Bild d. Wissenschaft, Jg. 6, S. 121 - 127, Stuttgart 1969. — SUMGIN, M. I.: Naledi i nalednye bugry. Priroda, Jg. 1941, Nr. 1, S. 26 - 33, Leningrad 1941. — THORODDSEN, TH.: Polygonboden und «thufur» auf Island. Petermanns Mitt., Jg. 59, Halbbd. 2, S. 235 - 255, Gotha 1913. — TROLL, C.: Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde. Geol. Rundschau, Bd. 34, S. 545 - 694, Stuttgart 1944. — VALEK, B.: Die Böden des Süd-Kaldidalur-Gebietes auf Südwest-Island und ihre Vegetationsbeziehungen. Rozpravy Ceskoslovenske Akademie Věd, Rada matemat. a přirodn. věd, Jg. 69, H. 8, S. 1 - 36, Praha 1959. — ZACHARIAE, G.: Welche Bedeutung haben Enchytraeen im Waldboden. JONGERIUS, A. (Editor): Soil micromorphology, S. 57 - 68, 325 - 326, Elsevier, Amsterdam 1964.

# „Vermiculit" als Nährsubstrat für angewandte und experimentelle Pflanzenökologie

Aus dem Institut für Bodenkunde der Universität Freiburg/Br.

(Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle)

Von W. E. BLUM

## 1. Einleitung und Fragestellung

In verschiedenen Instituten der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg/Br. wird seit längerer Zeit für experimentelle ökologische Versuche mit Forstpflanzen ein neues Nährsubstrat verwendet.

Es handelt sich um ein auf dem Markt unter dem Handelsnamen „Vermiculit" in verschiedenen (international genormten) Korngrößen erhältliches Material, das seit langem in der Bauindustrie als Isoliermaterial und Zuschlag für Beton, Mörtel u. ä. Verwendung findet.

Da Vermiculit auch in Böden natürlich vorkommt (meist als Verwitterungsprodukt dioktaedrischer Glimmer, z. B. Muscovit), war die Frage, ob mit diesem Material ein dem natürlichen Boden vergleichbares Nährsubstrat simuliert werden könnte.

Zwei Gesichtspunkte waren dabei zu berücksichtigen:

— Funktionelle Eigenschaften als *Nährstoffträgermedium* bezüglich Wasser-, Luft-, Wärmehaushalt sowie Sorptions-, Ein- und Umtauschkapazität für Nährelemente, bestimmt durch Parameter wie Struktur, Dichte, Wärmeleitvermögen und mineralogischen Aufbau.

— Gehalt an „pflanzenverfügbaren" Nährstoffen als *Nährmedium.*

Den Mitarbeitern, Frau R. GOEZE und Frau B. RIESER, danke ich für die Fertigstellung der Analysen, Frl. G. LOTH für die Anfertigung der Zeichnungen. — Die Untersuchungen wurden mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

## 2. Material und Methoden

Als Untersuchungsmaterial diente handelsüblicher „Vermiculit" der Körnung 2 und 3 (2 = 2 - 4 mm ∅; 3 = 3 - 6 mm ∅). Es wurden 2 Varianten untersucht:

„Vermiculit" unbehandelt;

„Vermiculit" behandelt = mit $H_3PO_4$ auf pH 6,5 (KCl) eingestellt.

Bei den mineralogischen, physikalischen und chemischen Untersuchungen wurden 3-fach-Bestimmungen durchgeführt, um die Homogenität des Materials zu überprüfen.

Im einzelnen wurden untersucht:

— Mineralogische Zusammensetzung: des „Vermiculit" und seines Ausgangsmaterials — mittels Röntgenbeugung und Lichtmikroskopie;
— Raumgewicht (105° C-trocken): vor und nach Befeuchtung sowie bei unterschiedlichen Verdichtungen des Materials — mittels Wägung;
— Wasserkapazität (maximal und bei verschiedenen Saugspannungen im Bereich von 0 - 4,2 pF): mittels Absaugen und Trocknung über Salzlösungen bei definierter Dampfspannung;
— Pufferungsvermögen gegenüber Säuren; titrimetrisch mit $H_3PO_4$;
— Kationenumtauschkapazität (KUK): Totalumtauschkapazität (T-Wert), austauschbare Alkali- und Erdalkalikationen = Basen (S-Wert) und Basensättigung ($V\% = \frac{S}{T}$ in %) n. MEHLICH, 1948;
— pH-Wert; elektrometrisch;
— Gesamtstickstoff ($N_t$): n. KJELDAHL (vgl. SCHLICHTING u. BLUME, 1966);
— Elemente Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn u. P im $H_2O$-, 1 %-$NH_4$ Cl-, 1 %-Citronensäure- und 3 %-HCl-Auszug:
Na, K, Ca, Mg flammenphotometrisch und atomabsorptionsflammenphotometrisch; Ca, Mg zusätzlich komplexometrisch; Fe, Mn, P kolorimetrisch; Mn zusätzlich flammenphotometrisch; vgl. JACKSON, 1958; SCHLICHTING u. BLUME, 1966.

Zur Absicherung und Interpretation der o. g. Untersuchungen wurden Wachstumsversuche mit Tannen- (abies alba) und Fichten- (picea abies) Jungpflanzen, mit anschließender Analyse der Nährelementverteilung in Wurzel und Sproß, durchgeführt.

## 3. Ergebnisse

Die angegebenen Werte sind Mittelwerte von 3-fach-Bestimmungen, soweit nicht anders vermerkt. — Die Untersuchungen ergaben eine ausreichende Homogenität des „Vermiculit". Abweichungen liegen innerhalb ± 5 %.

### 3.1 *Mineralogische Zusammensetzung*

„Vermiculit" ist ein Gemisch von trioktaedrischen Schichtsilikaten von Typ Vermiculit und Hydrophlogopit in unregelmäßiger Wechsellagerung, mit überwiegendem Anteil an Vermiculit.

Durch Erhitzen wurden diese Minerale um das ca. 50fache ihres Ausgangsvolumens vergrößert. Dabei dürften die diadoch für Hydroxyl im Kristallgitter eingebauten, wenig pflanzenverträglichen Fluor- und Chlorionen größtenteils ausgetrieben worden sein.

Der Handelsname „Vermiculit" entspricht mineralogisch dem weitaus überwiegenden Anteil des Mineralgemischs und kann für das Material als charakteristisch angesehen werden.

In Abbildung 1 ist Vermiculit schematisch dargestellt. Das trioktaedrische Schichtsilikat (Kristall) besteht aus vielen Tausend zusammenhängenden Kristallblättchen mit einem durchschnittlichen Durchmesser (in c-Achsenrichtung) von 14 Å (1 Å = 1/1 000 000 mm). Ein Kristallblättchen wiederum ist aus verschieden aufgebauten Kristallschichten (im Verh. 2:1) zusammengesetzt (näheres vgl. z. B. TRÖGER, 1967; RAMDOHR u. STRUNZ, 1967; SCHEFFER u. SCHACHTSCHABEL, 1970).

Das durch Hitze behandelte Mineral hat eine Gesamtoberfläche von ca. 600 - 800 $m^2/g$!, wovon die äußere Oberfläche ca. 14 - 15 % betragen dürfte (Flächen zwischen den Kristallschichten = Zwischenschichten = innere Oberfläche; Bruchflächen und äußere Grenzflächen = äußere Oberfläche).

Durch Austausch von Ionen (Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn etc.) aus den Zwischenschichten werden die Pflanzenwurzeln mit Nährelementen versorgt. Die Nachlieferung erfolgt durch Kristallgitterzusammenbruch bei der Verwitterung (schematisch in Abb. 1: gezackte Einbuchtungen zwischen den Kristallschichten und an Grenzflächen).

Abbildung 2 zeigt eine mikroskopische Aufnahme des Minerals bei 20-facher Vergrößerung. Die gut sichtbaren einzelnen Schichten des aufgeblähten Minerals bestehen aus vielen zusammenhängenden Kristallblättchen, wie in Abb. 1, rechte Seite, dargestellt.

### 3.2 *Physikalische Eigenschaften*

*Raumgewicht* (105 °C trocken):

Das Raumgewicht ist bei lose gefülltem „Vermiculit" entsprechend der großen äußeren Oberfläche gering und je nach Körnung

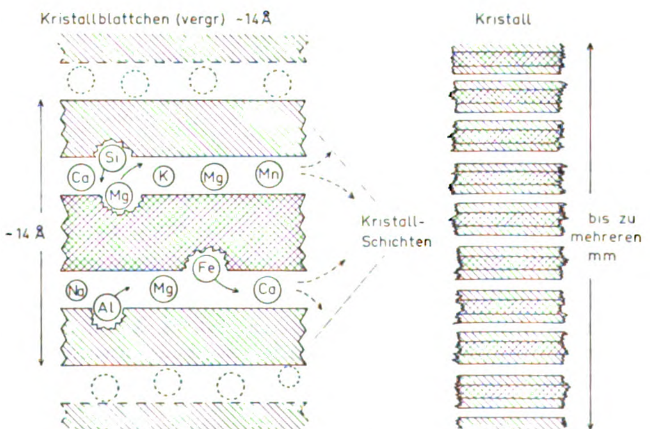



Abb. 1
Schematische mineralogische Darstellung von Vermiculit
Auf der rechten Seite ist der Teil eines Minerals (Kristall) dargestellt; auf der linken Seite ein Kristallblättchen als Ausschnitt des Kristalls. Die Nährelemente (K, Ca, Mg etc.) werden durch Austausch aus den Zwischenschichten des Kristallblättchens an die Pflanzenwurzel abgegeben. Durch Kristallgitterzerfall (gezackt) werden weitere Nährelemente nachgeliefert (wie im natürlichen Boden).

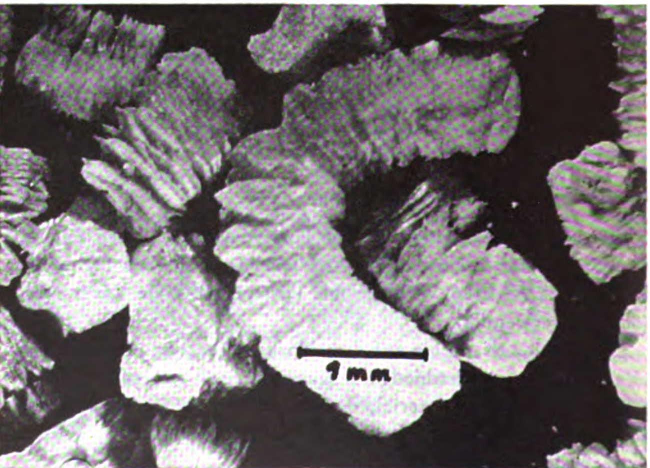



Abb. 2
Mikroskopische Aufnahme von „Vermiculit"
(20fache Vergrößerung)
Die Mineralbezeichnung Vermiculit stammt von vermiculus (lat.) = Würmchen, wegen der wurmartigen Aufrollung des Minerals beim Erhitzen. Die große äußere Oberfläche von ca. 60 - 100 $m^2/g$ wird durch die Abbildung veranschaulicht. Eine einzelne Schicht des aufgeblähten Minerals ist auf der rechten Seite der Abb. 1 (Kristall) schematisch dargestellt.

Tabelle 1
**Kationenumtauschkapazität (KUK) von „Vermiculit" in mval / 100 g und mval % von S**

| Material | KUK mval / 100 g „Vermiculit" | | | | | | | mval % von S | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Na | K | Ca | Mg | S | T | V % | Na | K | Ca | Mg |
| „Vermiculit" unbehandelt | 0.44 | 4.22 | 8.48 | 62.47 | 75.61 | 58.00 | 130.4 | 0,6 | 7.1 | 12.5 | 79.8 |
| „Vermiculit" behandelt (pH 6,5) | 0.33 | 4.22 | 7.49 | 47.68 | 59.72 | 65.25 | 91.5 | 0.6 | 5.6 | 11.2 | 82.6 |

des Materials unterschiedlich. Es liegt zwischen 1,2 g/cm³ (1 - 2 mm ∅) und 0,6 g/cm³ (8 - 15 mm ∅), Kramer, 1953. — Nach Befeuchtung verdoppelt sich das Raumgewicht, da sich die lose Kornpackung infolge Gewichtszunahme durch Wasserbindung verdichtet. — Zusätzlich kann das Raumgewicht (besonders leicht nach Befeuchtung) durch Druck bis zum 4 - 5-fachen und darüber erhöht werden. Dabei werden die aufgeblähten Schichten der Minerale zusammengedrückt.

*Wasserkapazität* (maximal und bei verschiedenen Saugspannungen):

Die maximale Wasserkapazität (nach Abtropfen überschüssigen Wassers) beträgt ca. 34 Volumprozent und ca. 152 Gewichtsprozent von 105 °C nachgetrocknetem „Vermiculit", bei einer Körnung von 2 - 4 mm ∅, lose gefüllt.

Davon sind ca. 15 Volumprozent = 68 Gewichtsprozent leicht (< 3.0 pF) und ca. 17.5 Volumprozent = 79 Gewichtsprozent schwer pflanzenverfügbar (< 4.2 pF = permanenter Welkepunkt). — Die Pflanzenverfügbarkeit insgesamt beträgt somit ca. 32,5 Volumprozent = 147 Gewichtsprozent Wasser. Das ist annähernd das gesamte, nicht absorptiv gebundene Wasser.

### 3.3 *Kationenumtauschkapazität (KUK) und Pufferungsvermögen*

Die Werte der KUK-Bestimmung sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die hohe Gesamtumtauschkapazität (T), das unterschiedliche Mengenverhältnis von Na, K, Ca und Mg als Summe der austauschbaren Basen (S) sowie die unterschiedliche Basensättigung (V %), vor und nach Säurebehandlung, kennzeichnen „Vermiculit" funktionell als Nährstoffträgermedium.

Die Gesamtumtauschkapazität (T) von 58.0 bzw. 65.25 mval/100 g stimmt mit den mineralogischen Befunden überein. Der höhere T-Wert beim säurebehandelten „Vermiculit" läßt sich durch die leichte Verwitterbarkeit dieses Minerals, in Gegenwart von Säuren, erklären. Dies gilt allgemein für trioktaedrische Biotite; vgl. Burger, 1967; Spyridakis et al., 1967.

Die Summe der austauschbaren Basen (S) beim unbehandelten „Vermiculit" und die Basensättigung (V %) von 130.4 %, im Vergleich zum säurebehandelten, zeigt, daß Salze vorliegen (durch Hitzebehandlung bedingt). Bei den ausgetauschten Basen überwiegt Mg mit ca. 80 %. Ca und K, in der genannten Reihenfolge abnehmend, sind mit ca. 20 % vertreten. Na ist beinahe ohne Bedeutung. Der hohe Mg-Anteil wird durch Entstehung des „Vermiculit" aus Phlogopit (Hydrophlogopit) mineralogisch erklärt.

Durch die Säurebehandlung ist ein Teil der Austauschplätze in den Zwischenschichten (vgl. Abb. 1) mit H-Ionen ($H_3O^+$) belegt worden, wie die Erniedrigung der Basensättigung (V %) auf 91.5 % beim behandelten „Vermiculit" zeigt.

Dieser nach Säurebehandlung noch hohe V-Wert weist auf eine starke Kationennachlieferung in die Zwischenschichten infolge Gitterzerfall (beginnende Verwitterung) und zeigt damit, daß „Vermiculit" ein hohes Pufferungsvermögen besitzt.

Bei Erstellen einer Pufferungskurve bis pH 4 wurde diese bestätigt. Die Puffergleichgewichte stellen sich erst nach ca. 3 - 4 Tagen ein. Auch dies deutet auf eine Kationennachlieferung aus Gitterzerfall, die langsam abläuft (vgl. Abb. 1).

Die Anionenumtauschkapazität (AUK) wurde nicht bestimmt. Sie dürfte aufgrund der mineralogischen Zusammensetzung bei 5 - 10 % der KUK liegen, bei pH-Werten unter 5,5 noch etwas höher.

### 3.4 *pH-Wert, Gesamtstickstoff ($N_t$) und Nährelemente in verschiedenen Auszügen*

*pH-Wert:*

Der pH-Wert von unbehandeltem „Vermiculit" beträgt 9.7 ($H_2O$) bzw. 9.2 (KCl). — Der behandelte „Vermiculit" ist auf pH 6.5 (KCl) eingestellt worden.

*Gesamtstickstoff ($N_t$):*

„Vermiculit" enthält kein N.

*Nährelemente in verschiedenen Auszügen:*

Die Gehalte an Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, P in mg/100 g „Vermiculit" (unbehandelt und behandelt) im $H_2O$-, 1 %-$NH_4Cl$-, 1 %-Citronensäure- und 3 %-HCl-Auszug sind in Abbildung 3 dargestellt.

*Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium:*

Die Menge extrahierbarer Elemente nimmt (mit geringen Verschiebungen) vom $H_2O$- bis zum 3 %-HCl-Auszug zu.

Der Mg-Anteil liegt in allen Auszügen beim säurebehandelten, und mit Ausnahme des $H_2O$-Extrakts auch beim unbehandelten „Vermiculit", weit über 50 % der Gesamtkationensumme (vgl. KUK-Bestimmung).

Die Ca-Menge nimmt vom $H_2O$- über 1 %-$NH_4Cl$-, 3 %-HCl- zum 1 %-Citronensäureauszug, in der genannten Reihenfolge, von 8.5 bis 22.5 % der Gesamtkationensumme in den einzelnen Extrakten zu.

Die K-Extraktionsquote ist, mit Ausnahme des 3 %-HCl-Extrakts, geringer als die des Ca. — Na ist nur von untergeordneter Bedeutung.

*Eisen, Mangan:*

Fe wurde mit ca. 2.9 %, Mn nur mit ca. 0.1 % vom „Vermiculit" im 3 %-HCl-Auszug bestimmt.

*Phosphor:*

Der P-Gehalt mit 15 mg/100 g „Vermiculit" (unbehandelt) im 1 %-Citronensäureextrakt ist gering.

Die gemessenen Absolutmengen verschiedener Nährelemente, bei unterschiedlicher Extraktion, erlauben beim Vergleich mit den Pflanzenanalysen (insbesondere Wurzelanalysen) Aussagen über die Pflanzenverfügbarkeit:

Danach dürfte das Angebot an kurzfristig pflanzenverfügbaren Nährelementen (bestimmt für Na, K, Ca, Mg, P) zwischen den Extraktionswerten des $H_2O$- und 1 %-Citronensäureauszugs liegen.

Die Nährelementmenge im 3 %-HCl-Auszug (bestimmt für Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn) umfaßt bei den sehr leicht verwitterbaren, trioktaedrischen Biotiten, und biotitabgeleiteten Mineralen wie „Vermiculit", bereits den größten Teil der sogen. nachlieferbaren Elemente.

Ein Vergleich der Extraktionsmenge einzelner Nährelemente, aus säure- und unbehandeltem „Vermiculit" in den verschiedenen Auszügen, macht bei Kenntnis des mineralogischen Aufbaus des Minerals (vgl. Kap. 3.1) funktionelle Aussagen, insbesondere über

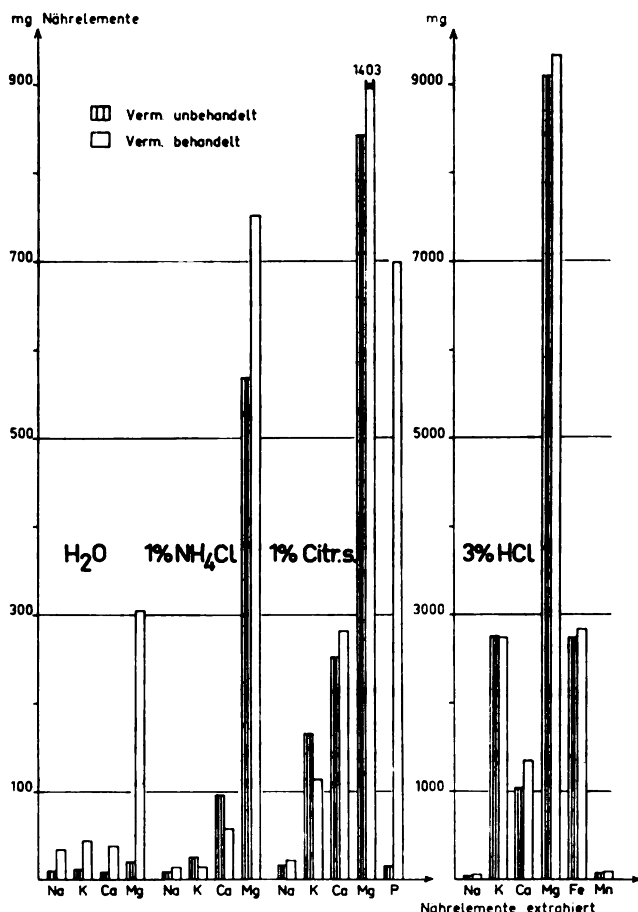



Abb. 3
Nährelemente in mg/100 g „Vermiculit" ($H_3PO_4$-behandelt und unbehandelt) im $H_2O$-, 1%-$NH_4CL$-, 1%-Citronensäure- und 3%-HCl-Auszug.
Die unterschiedlichen Ordinatenmaßstäbe sind zu beachten. Mg überwiegt mit über 50% in allen Extrakten. Die Gesamtextraktionsrate nimmt vom $H_2O$- zum 3%-HCl-Auszug zu. Das Angebot an kurzfristig pflanzenverfügbaren Nährelementen dürfte zwischen den Werten des $H_2O$- und 1%-Citronensäureauszugs liegen. Nachlieferbare Nährelemente werden im 3%-HCl-Auszug ungefähr erfaßt.

Art und Dynamik der Elementfreisetzung und -nachlieferung möglich:

Aus säurebehandeltem „Vermiculit" wurden mit $H_2O$ mehr Na, K, Ca und sehr viel mehr Mg extrahiert als aus unbehandeltem. Bei K und Ca im 1%-$NH_4Cl$-Auszug ist es umgekehrt, ebenso bei K im 1%-Citronensäureextrakt. — Mit zunehmendem Säuregrad der Extraktionslösung gleichen sich die Extraktionsmengen aus behandeltem und unbehandeltem „Vermiculit" an.

Daraus ist zu schließen, daß die Nährelementnachlieferung vor allem durch Kristallgitterzerfall bei Säureangriff (= Verwitterung) erfolgt (vgl. auch Kap. 3.3). Dieser geht, wie der 1%-Citronensäureextrakt zeigt, schon bei geringen Säurestärken vonstatten. — Die Grenze des Nachlieferungsvermögens wird im 3%-HCl-Extrakt deutlich, wo z. B. die Ca-Nachlieferung hinter der von K zurückbleibt (vgl. dagegen Ca/K-Verhältnis im $H_2O$-, $NH_4Cl$-, Citronensäureextrakt).

### 3.5 *Wachstum und Ernährung von Tannen- (abies alba)- und Fichten- (picea abies)-Jungpflanzen auf „Vermiculit"*

Tanne und Fichte wachsen auf säurebehandeltem, P- und N-gedüngtem ($H_3PO_4$ u. $NH_4NO_3$) „Vermiculit" bei pH 5.5 - 6.0 ohne sichtbare Mangelsymptome. Auf unbehandeltem Material sterben sie infolge zu hohem pH und fehlendem N bald ab.

Bei der Pflanzenanalyse (Wurzel und Sproß) zeigt sich jedoch, daß infolge hohen Mg-Gehalts des „Vermiculit" die Ca-Aufnahme durch Antagonismus (Ca/Mg) gestört ist. Ebenso ist die Versorgung mit Fe, Mn und Al bei pH-Werten $> 6$ ungünstig. Sichtbare Mangelerscheinungen sind jedoch nicht zu beobachten.

Ausführliche Darstellungen erscheinen demnächst in dieser Zeitschrift.

## 4. Zur Verwendbarkeit von „Vermiculit" als Nährsubstrat

### 4.1 *„Vermiculit" als Nährstoffträgermedium*

„Vermiculit" ist ein Nährstoffträgermedium, mit dem natürliche Bodenbedingungen ohne Einschränkung simuliert werden können. Dies betrifft vor allem:

— den *Wärmehaushalt*, da die Wärmeleitzahl von 0.042 - 0.054 kcal/m h °C (Kramer, 1953), für trockenes, lose gefülltes Material von 1 - 8 mm Korngröße, geringe Temperaturschwankungen bei Versuchen gewährleistet (auch noch in feuchtem Zustand);

— den *Wasser- und Lufthaushalt*, wobei durch große Oberfläche und mineralogische Zusammensetzung ein hohes Wassernachlieferungsvermögen und eine optimale Durchlüftung des Mediums gewährleistet sind. Durch geringe Oberflächenverdunstung ist außerdem die Wasserbilanz des Substrats sehr ausgeglichen.

— die *Sorptionseigenschaften*, d. h. Ein- und Umtausch von Nährelementen erfolgt wie im natürlichen Boden. — Mikroskopische Untersuchungen an Saug- und Feinstwurzeln zeigen, daß diese in die Zwischenräume des aufgeblähten „Vermiculit" (vgl. Abb. 2) hineinwachsen.

### 4.2 *„Vermiculit" als Nährmedium*

Die sehr günstigen funktionellen Eigenschaften des Materials als Nährstoffträgermedium werden bezüglich der Nährstoffversorgung von Pflanzen deutlich eingeschränkt:

Der pH-Wert von unbehandeltem Material mit pH 9.7 ($H_2O$) bzw. 9.2 (KCl) ist sehr hoch und nicht für alle Pflanzen zuträglich. Einzelne wichtige Nährelemente wie N fehlen ganz oder sind wie P nur in geringen Mengen vorhanden.

Die Nährelementzusammensetzung bei den Kationen ist einseitig (starkes Überwiegen von Mg) und kann zu Antagonismen führen. Außerdem ist die Nachlieferung und Pflanzenaufnehmbarkeit von Fe, Mn und Al bei pH $>5.5$ eingeschränkt, was auch für Cu und Zn gelten dürfte, die im einzelnen nicht bestimmt wurden.

Dies bedeutet, daß, trotz sehr günstiger Eigenschaften als Trägermedium, „Vermiculit" ohne Präparation nur für sehr begrenzte Fragestellungen bei experimentellen ökologischen Versuchen eingesetzt werden könnte, z. B. für Mangelversuche und bei Pflanzen, die hohe pH-Werte vertragen.

Deshalb soll im folgenden geklärt werden, inwieweit das Material für einen weiteren Anwendungsbereich verändert werden kann.

### 4.3 *Möglichkeiten der Präparation von „Vermiculit" für experimentelle pflanzenökologische Versuche*

*pH-Einstellung:*

Die pH-Einstellung kann mit Säuren erfolgen. Dabei erscheint es zweckmäßig, Säuren zu verwenden, deren Anionen gleichzeitig die Nährstoffbilanz verbessern, z. B. $H_3PO_4$, da P im „Vermiculit" nicht ausreichend zur Verfügung steht. Zu beachten ist dabei das starke Pufferungsvermögen des Substrats durch hohe Sorptionskapazität und Nachlieferung von Alkali- und Erdalkalikationen aus Gitterbausteinen (vgl. Kap. 3.3). Eine pH-Justierung nimmt daher mehrere Tage in Anspruch, wobei sich nach starkem Ansäuern durch langsamen pH-Anstieg allmählich ein Gleichgewicht einstellt.

Für eine pH-Absenkung auf pH 5.5 ($H_2O$) sind je nach Körnung für 1 kg „Vermiculit" 30 - 40 ml konz. $H_3PO_4$ (in $H_2O$

verdünnt) notwendig. Nach Einwirkung von ca. 3 - 4 Tagen kann das überschüssige Phosphat ausgewaschen werden. — Auf diese Weise können pH-Werte bis pH 4.0 ohne Schwierigkeiten eingestellt werden. — Während langfristigen Versuchen sollte in zeitlichem Abstand von 1 - 2 Monaten der pH-Wert überprüft und bei leichtem Anstieg (max. 0.3 - 0.5 pH) gegebenenfalls wieder justiert werden.

*Nährstoffzufuhr und Ausgleich der Nährstoffbilanz:*

Erst nach pH-Justierung ist es zweckmäßig, weitere Nährelemente in Form von Salzlösungen zuzugeben. Somit können nach H-Ionenbelegung des „Vermiculit" Kationen im Umtausch in die Zwischenschichten aufgenommen werden. Diese stehen den Pflanzen dann in austauschbarer Form zur Verfügung.

N und P müssen in jedem Fall zugeführt werden, wobei sich die Zugabe von N als $NH_4NO_3$, von P als $H_3PO_4$ (s. pH-Einstellung) empfehlen dürfte. Ein Ausgleich in der Bilanz der Alkali- und Erdalkalikationenversorgung (zu hoher Mg-Anteil) ist durch Zugabe von Ca (evtl. K) in Form von Salzlösungen möglich (Nitrate, Phosphate, Sulfate etc.). Dieser Ausgleich ist jedoch nicht bei allen Pflanzen und bei jeder Fragestellung notwendig, da trotz Antagonismen in vielen Fällen die Versorgung mit Ca (und K) ausreichend sein dürfte.

Bei pH-Werten $>$ 5,5 ist eine Zugabe von Fe, Mn und evtl. auch weiteren Spurenelementen empfehlenswert, da oberhalb dieses pH die Nachlieferung aus Verwitterung und die Verfügbarkeit für manche Pflanzen nicht ausreichend sein könnte.

Mit Hilfe dieser Maßnahmen ist es möglich, aus „Vermiculit" ein Nährsubstrat herzustellen, das vielen, bisher allgemein verwendeten, künstlichen Substraten überlegen sein dürfte.

„Vermiculit" kommt außerdem für spezielle Anwendungsbereiche, z. B. für die Phytopathologie, insbes. bei Wurzelinfektionsversuchen unter sterilen Bedingungen u. ä., in Betracht.

Weitere Vorzüge sind:

- Gleichbleibende Qualität und Homogenität des Materials, das in beliebig großer Menge in beliebig langer Zeit zur Verfügung steht;
- Leichte Handhabung infolge des sehr geringen Raumgewichts;
- Manipulierbarkeit der Substratdichte bei Druckanwendung;
- Möglichkeit der sehr leichten und schonenden Entfernung des Materials von den Wurzeln, z. B. für Wurzeluntersuchungen.

## 5. „Vermiculit" für Bodenmelioration und Nährstoffdüngung

### 5.1 *Bodenmelioration*

Grundsätzlich eignet sich „Vermiculit" vorzüglich zur Verbesserung von Böden mit ungünstiger Struktur und Textur (mit schlechtem Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt) sowie schlechten Sorptionseigenschaften, z. B. Podsolen oder Podsol-Braunerden auf Sand, Sandstein oder sonstigen einseitig zusammengesetzten Ausgangsgesteinen. Die Grenze der Anwendbarkeit liegt dort, wo in den Böden zu hohe pH-Werte erreicht werden, z. B. bei Forstpflanzen, insbes. bei Koniferen, bei pH 5.5 - 6.0, wie z. B. auf Carbonatgesteinen.

Voraussetzung für eine entsprechende Wirkung ist die Einarbeitung des Materials in den Boden.

### 5.2 *Nährstoffdüngung*

Aufgrund seiner leichten Verwitterbarkeit und dem dadurch bedingten hohen Nachlieferungsvermögen von Nährelementen, vor allem von Mg, Ca und K, kann „Vermiculit" auch als Depotdünger gegeben werden. Eine Einarbeitung in den Boden ist dabei nicht unbedingt notwendig, wäre jedoch wegen der gleichzeitig erreichbaren Bodenverbesserung ratsam. Die Grenze der Anwendbarkeit liegt auch hier bei zu hohen pH-Werten.

Die Dosierung bei Meliorationsmaßnahmen kann mit Hilfe der o. g. Angaben über einzelne Eigenschaften von „Vermiculit" berechnet werden.

Inwieweit dieses Material z. B. in Forstpflanzgärten oder darüber hinaus eingesetzt werden kann, ist eine betriebswirtschaftliche Frage. Es ist jedoch denkbar, daß, bei einem Preis von ca. 8 DM / 10 kg (= 100 - 130 l) „Vermiculit", in vielen Fällen erhebliche Ertragssteigerungen möglich wären.

Vor allem dürfte seine Verwendung dort von Vorteil sein, wo eine Bodenverbesserung und Nährstoffdüngung gleichzeitig erforderlich sind.

## 6. Zusammenfassung

Ein im Handel unter dem Namen „Vermiculit" erhältliches Mineralgemisch wurde auf seine Verwendbarkeit als Nährsubstrat für experimentelle pflanzenökologische Versuche getestet. Dabei wurden mineralogische, physikalische und chemische Untersuchungen sowie Pflanzentests durchgeführt. An Hand der Untersuchungsergebnisse wird gezeigt, daß sich „Vermiculit" nach entsprechender Behandlung für experimentelle pflanzenökologische Versuche sehr gut eignet, da natürliche Bodensysteme simuliert werden können. Es werden Angaben über mineralogische Zusammensetzung, physikalische Kenngrößen (Wasserkapazität, Volumgewicht, Wärmeleitvermögen), physiko-chemische und chemische Eigenschaften (Sorption, Pufferungsvermögen, Nährelementgehalt und -nachlieferung) gemacht und über Möglichkeiten der Substratmodifikation berichtet. Weitere Verwendungsmöglichkeiten im Pflanzenbau, insbes. für Bodenmelioration und Nährstoffdüngung, werden diskutiert.

### Summary

Veröffentlichung erfolgt in Heft 11.

### Résumé

Titre de l'article: *La «Vermiculite» comme substrat nutritif en phytoécologie appliquée et expérimentale.*

On a testé le mélange minéral que l'on trouve dans le commerce sous le nom de «Vermiculite» pour savoir s'il était utilisable comme substrat nutritif dans les recherches expérimentales de phytoécologie. Dans ce but on a effectué des expériences minéralogiques, physiques et chimiques ainsi que des tests biologiques. Les résultats de ces expériences ont montré que la «vermiculite» convenablement utilisée se prêtait parfaitement aux expériences de phytoécologie, car elle permet de simuler les types de sols naturels. Des indications sont données sur la composition minéralogique, les caractères physiques (capacité de retention de l'eau, densité, conduction de la chaleur), physicochimiques, propriétés chimiques (Ab et adsorption, pouvoir tampon, teneur en éléments nutritifs et mise à la disposition de ces éléments), ainsi que sur les modifications qui peuvent être apportées à ce substrat. On a enfin étudié d'autres possibilités d'utilisation de la Vermiculite notamment pour l'amélioration et la fertilisation des sols. J. M.

### Literatur

BURGER, D.: Calcium release and weatherability of some primary minerals assessed with Jack pine (Pinus banksiana Lamb.) and weathering solutions. — Ph. D. Thesis, University of Toronto/Canada, 1965; in Dissertation Abstracts, Vol. XXVIII, No. 2, 1967. — MEHLICH, A.: Determination of cation- and anion-exchange properties of soils. — Soil Sci. 66, 429 - 445, 1948. — KRAMER, H.: Herstellung, Eigenschaften und Verwendung des Dämmstoffes Vermiculit. — Stahl und Eisen, 73, 225 - 227, 1953. — RAMDOHR, P. u. STRUNZ, H.: Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie. — Stuttgart, 1967. — SCHEFFER, F., u. SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. — Stuttgart, 1970. — SCHLICHTING, E., u. BLUME, H. P.: Bodenkundliches Praktikum. — Hamburg, Berlin, 1966. — SPYRIDAKIS, C. E., CHESTERS, G., and WILDE, S. A.: Kaolinization of biotite as a result of coniferous and decidous seedling growth. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 31, 203 - 210, 1967. — TRÖGER, W. E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale; Teil 2. — Stuttgart, 1967. — Nachtrag: JACKSON, M. L.: Soil chemical analysis. — Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J., 1958.

# Über das Vorkommen von Fomes juniperinus (v. Schrenck) an Juniperus excelsa Bieb. in der Türkei

Aus dem Forstbotanischen Institut der Forstlichen Fakultät der Universität Istanbul, Büyükdere-Istanbul, Türkei

(Mit 1 Abbildung)

Von M. Selik

Dieser holzzerstörende Pilz, der hauptsächlich durch die von ihm verursachten charakteristischen Schäden, „juniper pocket rot" (1), an Kernholz von *Juniperus virginiana* und *Thuja plicata* bekannt ist, kommt außer an den vorgenannten Hölzern auch an *Juniperus excelsa* in Rußland und Jugoslawien, an *Jun. macropoda* in Pakistan und an *Jun. procera* in Kenia vor und richtet bedeutende Holzschäden an (5).

Die nach neuesten Erhebungen in der Türkei mit acht verschiedenen Arten und zwei Unterarten vertretenen Wacholderarten (2) nehmen hinsichtlich ihrer Verbreitung und Artenzahl unter den anderen einheimischen Gymnospermen die erste Stelle ein, während sie forstwirtschaftlich nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Aus vorgenannten Gründen begannen wir, Untersuchungen über die pilzlichen Krankheitserreger bzw. Holzzerstörer an den natürlich vorkommenden *Juniperus-Arten* anzustellen, zumal bis jetzt darüber fast nichts bekannt war. In dieser Arbeit wird erstmals über einen wichtigen holzzerstörenden Pilz, *Fomes juniperinus (v. Schrenck) — Syn. Fomes Demidoffi (Lev.) Sacc., Fomes Earlei (Murr.) Sacc.* (vgl. mit (1)) — an *Juniperus excelsa Bieb.* berichtet.

Dieser Baumparasit wurde erstmals im August 1961 an alten Baumwacholderexemplaren in Südwestanatolien in der Umgebung des Forstbezirks Seki bei Fethiye in 1200 m Höhe ü. d. M. festgestellt; später fand man ihn in der weiter östlich gelegenen Mittelmeerwaldregion in etwa gleicher Höhe an lichten *Jun. excelsa*-Beständen, die auf der Hochebene „Beşoluk Yaylası" im Forstbezirk Abanoz bei Anamur verbreitet sind, und schließlich an alten Stämmen der gleichen Wacholderart in der des Forstreviers Pozantı im Kilikischen Taurus.

Die Fruchtkörper des Pilzes befinden sich an den Bäumen normalerweise vom Stammfuß bis zu einer Höhe von 5 - 10 m, meistens sind sie jedoch etwa in Mannshöhe (2 m) zu sehen.

Der oberhalb des Fruchtkörpers befindliche Stammteil sieht mit der Zeit wie eine tiefe Rinne aus, da das Dickenwachstum infolge Absterbens des Bildungsgewebes durch den Pilz an dieser Stelle eingestellt wird, während es sich an beiden Seiten weiter fortsetzt.

Die alljährlich neu, gerade entstehende Porenschicht (Sommermonate, insbesondere Juli - August) bzw. die Randzone des Konsols ist anfangs schneeweiß und weich. Bei Druck verfärbt sie sich, die Druckstellen werden braun-violett, und wenn man die junge Porenschicht noch fester drückt, scheidet sie einen gelblichen Saft aus. Die Poren sind verhältnismäßig groß, mit bloßem Auge leicht sichtbar und meist kreisförmig; eckig bzw. polygonal aussehende sind jedoch auch nicht selten.

Mehrjährige Fruchtkörper weisen öfters deutliche, äußerlich leicht erkennbare Zonen auf. Insbesondere die alten Konsolen des Pilzes zeigen sowohl entlang der Grenze dieser Zone peripherisch als auch in radialer Richtung tiefe und unregelmäßige Risse (Abb. 1). In den zwischen diesen Rissen entstandenen kleineren und größeren Feldern können außerdem noch kleinere regelmäßige oder unregelmäßige Spalten auftreten. Dadurch wird die Oberfläche des Fruchtkörpers zerrissen bzw. gespalten und bekommt auf diese Weise sehr harte, rauhe und holzige Vorsprünge. Die Farbe dieser rauhen und zerrissenen Pilzoberfläche ist manchmal rötlich braun oder schwärzlich oder aber auch graubraun mit vorherrschend aschgrauen Streifen. In solchen Fällen ist es oft schwierig, den Fruchtkörper von der Borke des Stammes, auf der er sich befindet, zu unterscheiden. Die Porenschicht hat eine rötlichbraune Farbe. Nur die neu entstandene, von der alten deutlich unterscheidbare Porenschicht hat ein schmutzig gelbes Aussehen.

Die Farbe der Sporenmasse ist dunkelbraun, einzelne Sporen sind gelb. Ihre Form ist rundlich ellipsoidisch. Die Größe der Sporen beträgt ca. 6,75 x 5,03 $\mu$ (4).

Im allgemeinen verursacht der Pilz, der durch größere Wundstellen das Stamminnere alter Bäume erreicht und befällt, bei Baumwacholder eine ähnlich wie früher beschrieben (vgl. (1)) verlaufende Kernholzzerstörung. Der Stamm befallener und zerstörter Bäume ist ganz hohl. Anklopfen solcher Stämme erzeugt einen dumpfen Klang. Die dortigen Bauern benutzen die hohlen Stämme für verschiedene Zwecke.

Obwohl der Pilz in den genannten Forstgebieten meist alten Baumwacholder befällt und in hohem Maße die Kernholzzerstörung verursacht, konnte dieser Holzzerstörer an in den gleichen Gebieten mit *Jun. excelsa* gemeinsam und gesellig vorkommenden *Juniperus foetidissima Willd.* nicht festgestellt werden.


**Zusammenfassung**

Der bekannte Wacholderparasit, *Fomes juniperinus (v. Schrenck)*, tritt auch in Anatolien als Kernholzzerstörer an alten Baumwacholdern *(Juniperus excelsa Bieb.)* auf. Der Pilz wurde bis jetzt lediglich in Südwest- und Südanatolien an auf dem Taurus-Gebirge 1200 m über dem Meeresspiegel verbreiteten lichten Beständen von *Juniperus excelsa* beobachtet. Die anderen *Juniperus-Arten*, die in gleichem Verbreitungsgebiet vorkommen, etwa *Juniperus foetidissima Willd.* und *Juniperus drupacea Labill.*, scheinen von diesem Pilz nicht befallen zu werden.




Abb. 1
Fruchtkörper von Fomes juniperinus (v. Schrenck), ein altes, mehrjähriges Exemplar

**Summary**

Title of the paper: *Fomes juniperinus v. Sch. on Juniperus excelsa Bieb. in Turkey.*

*Fomes juniperinus* destroys heart wood in old Juniperus excelsa trees in southwest and south Anatolia and on the Taurus above 1,200 m altitude, but has not been observed on *Juniperus foetidissima* Willd. and *J. drupacea* Labill. E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Sur la présence de Fomes Juniperus (v. Schrenck) sur Juniperus excelsa Bieb en Turquie.*

*Fomes Juniperus* (v. Schrenck), parasite bien connu du genévrier s'attaque également au bois de coeur de genévriers arborescents âgés *(Juniperus excelsa Bieb.)*. Le champignon n'a été observé jusqu'ici qu'au Sud et au Sud-Ouest de l'Anatolie, dans les montagnes du Taurus, à 1200 m d'altitude, dans des peuplements clairs de *Juniperus excelsa*. Les autres espèces de Juniperus que l'on trouve dans la même région, *Juniperus foetidissima Willd* et *Juniperus drupacea Labill* entre autres, ne paraissent pas sensibles à ce champignon. J. M.

**Schrifttum**

1. Boyce, J. S.: Forest Pathology. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York-Toronto-London, 1948. — 2. Davis, P. H.: Flora of Turkey, University press, Edinburgh. 1965. — 3. Münch, E.: Hymenomycetineae, in Handbuch der Pflanzenkrankheiten Bd. III, Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin, 1932. — 4. Nobles, M. K.: Cultural characters as a quide to the taxonomy and phylogeny of the polyporaceae, Can. Journal of Bot., 36, 1958. — 5. Spaulding, P.: Foreign Diseases of Forest Trees of the World Agriculture Handbook No. 197, U. S. Department of Agriculture, 1961.

# Ein Gerät zum Messen von Jahrringbreiten an stehenden Bäumen

Von Vladimir Biskupsky, Bratislava

Die bisherige Methode der Jahrringmessung an Bohrkernen ist mit erheblichem Aufwand für das Gewinnen und Auswerten der Bohrspäne sowie Beschädigungen der gemessenen Bäume verbunden. Diese Nachteile können durch den folgenden Vorschlag eines Geräts zum Messen der Jahrringbreiten am stehenden Stamm vermieden werden.

Es besteht aus einer rotierenden Nadel, die eine besonders geformte Spitze hat und in das Holz eingeführt wird. Der Widerstand beim Durchdringen der verschieden dichten Holzschichten wird auf ein Schreibgerät übertragen und dort als Kurve auf ein Papierband aufgezeichnet. Angaben über den gemessenen Stamm, den Bestand usw. können der Kurvendarstellung beigefügt werden.

Um die Nadelspitze möglichst in die Mitte des zu messenden Baumes zu bringen, wird das Gerät mit einer Kluppe kombiniert.

Mit diesem Meßgerät können nicht nur Jahrringbreiten, sondern auch der Anteil von Früh- und Spätholz, von Druck- und Zugholz gemessen oder Besonderheiten der Holzstruktur, z. B. bei Resonanzholz, ermittelt werden.

Die Konstruktion wurde in der Tschechoslowakei patentiert, doch wurde bisher kein Prototyp des Geräts gebaut. Ein nach diesem Prinzip hergestelltes Gerät hat gegenüber dem bisher für die Entnahme von Bohrspänen verwendeten Preßlerschen Zuwachsbohrers den Vorteil, daß eine Wiederholung der Messung an der gleichen Stelle möglich ist und Fehler durch Formveränderungen der Bohrkerne ausscheiden.

Durch gleichzeitiges Kluppen des Durchmessers kann der bei den bisherigen Jahrringmessungen unvermeidbare und durch die Fehlerfortpflanzung schwerwiegende Fehlerkomplex gesenkt und die Genauigkeit der Zuwachsermittlung am Einzelstamm erhöht werden.

Dadurch, daß der Aufwand beim Messen geringer ist und mehr Stämme gemessen werden können, wird eine weitere Erhöhung der Meßgenauigkeit erreicht.

Interessenten an diesem Gerät werden gebeten, sich an Dr. Seibt, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung A — Ertragskunde, 34 Göttingen, Grätzelstraße 2, zu wenden.

# Heinrich Weber

**1868 - 1934**

Von K. Mantel

Vor 50 Jahren übernahm Heinrich Weber den neu begründeten Lehrstuhl für Forstpolitik an der Universität Freiburg i. Br. In Erinnerung an dieses Jubiläumsdatum in institutioneller und in persönlicher Hinsicht soll die forstpolitische und andere Tätigkeit von Heinrich Weber kurz gewürdigt werden.

Vor etwas über 100 Jahren, am 24. 11. 1868, wurde Heinrich Weber in Londorf/Oberhessen geboren. Sein Berufsweg führte den jungen hessischen Forstmann über verschiedene Stellungen als Betriebsleiter im Privatforstdienst und nach einem Jahr als staatlicher hessischer Oberförster schon im Jahre 1904 als Professor der Forstwissenschaft an die Universität Gießen, wo er zunächst als a. o. Professor Forstpolitik, Forstverwaltung und Forstgeschichte vertrat und ab 1910 bis 1920 — abgesehen von einer Unterbrechung durch den Kriegsverwaltungsdienst 1915 bis 1918 — als Ordinarius auch die forstliche Produktionslehre. 1920 erhielt er einen Ruf auf das forstpolitische Ordinariat der Universität Freiburg, das er bis zu seinem plötzlichen Tode im Jahre 1934 innehatte. 1931/32 leitete er als Rektor die Universität.

H. Weber gehörte zu der Generation von Wissenschaftlern, die in ihrer universellen Einstellung sich vielfach mit dem Gesamtgebiet der Forstwissenschaft beschäftigten. Dies zeigt schon seine sehr weitgestreute ökonomische, historische und produktionstechnische Gebiete umfassende Lehrtätigkeit in Gießen. Auch in Freiburg vertraten seinerzeit die Inhaber der drei forstlichen Ordinariate — H. Hausrath, H. Weber und Ch. Wagner — die Auffassung, daß jeder von ihnen imstande sein müsse, alle forstlichen Fachgebiete zu vertreten.

Das Schwergewicht der Tätigkeit lag bei H. Weber aber auf dem Gebiete der Forstpolitik, der Waldbesteuerung und auch der forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Auf dem Gebiet der Waldbesteuerung hat er durch verschiedene größere Arbeiten, vor allem durch sein Buch über die Besteuerung des Waldes 1909, wesentliche Beiträge zur Erfassung des forstlichen Einkommens gegeben.

Seine forstpolitischen Arbeiten entsprachen seinem Streben nach Sammlung und Systematisierung. Dies gilt für seine „Forstpolitik" und den Abschnitt über die Bedeutung und Aufgaben des Waldes im Handbuch der Forstwissenschaft 1912 und 1926, wobei er das von den früheren Bearbeitern Übernommene wesentlich erweitern konnte. Die 4. Auflage des Handbuches der Forstwissenschaft wurde durch ihn durchgeführt. Ähnliches gilt für seinen Beitrag „Forste" im HWB der Volkswirtschaft 1931.

In seiner forstpolitischen Haltung neigte H. WEBER ähnlich wie andere forstpolitische Vertreter des kaiserlichen Deutschlands — JENTSCH, ENDRES, SCHWAPPACH — zu nationalliberalen Auffassungen und forderte bei grundsätzlich freier Wirtschaft einen Schutz der deutschen Waldwirtschaft durch eine Zoll- und Tarifpolitik und nur eine mäßige Forstaufsicht über den Privatwald. Diese Auffassungen vertrat er in zahlreichen Schriften und in den forstlichen Verbänden, in denen er an führender Stelle tätig war. Er war lange Zeit 3. Vorsitzender des Deutschen Forstvereins, der im „Forstwirtschaftsrat" bis 1920 auch die forstpolitische Vertretung hatte, und später maßgebendes Mitglied in dem 1920 gegründeten Reichsforstwirtschaftsrat und in dessen Ausschüssen für Holzhandel, Steuerfragen und im ständigen Ausschuß. Auf dem Gebiet der forstlichen Betriebswirtschaftslehre war WEBER ein gemäßigter Vertreter der Bodenreinertragslehre, für die er im Schrifttum u. a. gegen LEMMEL und LIEFMANN eintrat.

Das Interesse WEBERS an der Gestaltung der forstlichen Hochschulausbildung veranlaßte ihn zu mehrfachen Veröffentlichungen und Stellungnahmen. Er trat auch für Zusammenlegung der drei südwestdeutschen Lehrstätten ein.

Das Gebiet der Bibliographie wurde von WEBER in besonders verdienstvoller Weise gepflegt. Seit 1907 gab er forstliche Jahresberichte als Referatenorgan heraus. 1928 schuf er die Forstliche Rundschau als international anerkanntes Referatenblatt für die forstliche Literatur des In- und Auslandes. Er war auch ab 1928 Mitglied der internationalen forstlichen bibliographischen Kommission. Seit 1909 war er Mitherausgeber und seit 1929 Allein-Herausgeber der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung.

H. WEBER hat durch sein Wirken dem neuen forstpolitischen Ordinariat in Freiburg Anerkennung und Bedeutung gegeben. Sein Name ist daher mit diesem, nun ein halbes Jahrhundert bestehenden Lehrstuhl untrennbar verbunden.

## Buchbesprechung

**Wald, Wachstum und Umwelt** (3 Bände). Bd. 1: **Form und Wachstum von Baum und Bestand.** Von GERHARD MITSCHERLICH. 1970, J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. XIII u. 142 S. mit 5 Tafeln, 56 Abb. und 26 Tabellen, geb. 29,80 DM.

Die Entwicklung der Forstlichen Ertragskunde nach dem zweiten Weltkrieg ist vielfach durch einen Wandel ihrer bisherigen Auswertungsmethoden und Betrachtungsweisen gekennzeichnet. Hierbei haben sich Autoren bemüht, Korrelationen zwischen der Ertragsleistung und bestimmten massebildenden Faktoren als „mathematisch bedingt" und daher mehr oder weniger „allgemeingültig" zu bezeichnen. Andere Forscher wie besonders auch MITSCHERLICH haben die Abhängigkeit der Zuwachsgänge an Baum und Bestand von örtlich-spezifischen Umweltbedingungen in biologischer Hinsicht untersucht und hierfür neue Methoden entwickelt. Neben der wertvollen Fortentwicklung biometrischer Methoden, insbesondere durch Datenverarbeitung — verspricht gerade diese zweite Forschungsrichtung nach ihren bisherigen Ergebnissen wohl auch künftig einen besonders wichtigen Fortschritt auf dem Gebiet der Forstlichen Ertragskunde; denn eine biologisch-kausale Deutung der örtlichen Wachstumsvorgänge im Wald erscheint nur möglich, wenn die Umwelteinflüsse (naturgegebene und anthropogene) exakt analysiert werden.

Der ertragskundlich interessierte Leser wird MITSCHERLICH daher Dank wissen, daß gerade er, der sich mit seinen Mitarbeitern seit Jahren mit Fragen der Umwelteinflüsse auf das Waldwachstum beschäftigt, dieses neue dreibändige Werk vorbereitet hat. Dieses wird so durch veröffentlichte und noch nicht veröffentlichte Untersuchungsergebnisse des Instituts für Ertragskunde in Freiburg und der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt zu einem besonders lebendigen Forschungsbericht.

Von dem Gesamtwerk beschäftigt sich der erste, jetzt vorliegende Band mit *Form und Wachstum von Baum und Bestand unter dem Einfluß von Umweltfaktoren,* d. h. mit dem Gebiet der bisherigen klassischen Ertragskunde. In einem folgenden zweiten Band sollen — mehr im Detail — die *mikroklimatischen Verhältnisse im Wald* erörtert werden. Der dritte Band enthält die Darstellung des *Bodeneinflusses* sowie die Beobachtung der *Assimilation und Atmung der Bäume,* des *täglichen und jährlichen Wachstumsablaufs* und der *gesamten Stoffproduktion des Waldes in Abhängigkeit von der Umwelt.* Regional wurden dabei in erster Linie die mitteleuropäischen Verhältnisse in Betracht gezogen.

Im ersten Band: „Form und Wachstum von Baum und Bestand" werden zunächst die Beschaffenheit und Entwicklung der Teile des *Einzelbaumes:* Krone, Wurzel und Stamm, unter dem Einfluß von Umweltbedingungen erörtert. Grundlage der Darstellung bilden statische Betrachtungen (Zustandserfassungen in einem bestimmten Baumalter) und dynamische (Entwicklungs-)Beobachtungen, jeweils unter bestimmten Umwelteinflüssen. Das Wachstum der verschiedenen Baumarten wird dabei unter dem Einfluß zahlreicher Umwelt-Variablen dargestellt, wie z. B. von Standortsfaktoren, Ertragsklasse, Durchforstungsverfahren, soziologischem Bestokkungsaufbau, Schirmfläche biologischer Baumklasse, Stammstärke, Bestandsalter, Laub- und Nadelmasse und der Ästung. Besonders interessant sind hier die Beobachtungen über die täglichen und periodischen Zuwachsleistungen im Jahresablauf von Einzelstämmen in ihrem Höhen-, Dicken- und Wurzelwachstum sowie jahrringchronologische Forschungsergebnisse.

Bei der Erörterung von Eigenschaften und Entwicklung des *Bestandes* werden zunächst die Größen seiner massebildenden Faktoren (Stammzahl und deren Verteilung auf Durchmesserstufen, Höhe, Stammstärke, Kreisfläche, Volumen) und seines Zuwachses (laufender Zuwachs und Gesamtwuchsleistung an Kreisfläche, Volumen und Wert) in ihrer Abhängigkeit von Umweltfaktoren untersucht. Insbesondere erfolgt hier der Nachweis von Korrelationen des Bestandeswachstums der Baumarten mit folgenden Faktoren: Bestandsalter, Standort, Ertragsklasse, Durchforstung, Pflanzverband, Betriebsart (hoch- und niederdurchforsteter gleichaltriger Hochwald, Plenterwald), Reinbestand, gleichaltriger und ungleichaltriger Mischbestand, Wuchsgebiet, Provenienz.

Die Straffung des ertragskundlichen Stoffes auf engem Raum unter Diskussion von Einzelbeispielen für Korrelationen läßt die Aufgabe des ersten Bandes erkennen, die der Verfasser selbst als eine *Einführung* in die komplexen Beziehungen bezeichnet. Man könnte diesen Band daher auch als eine „Einführung in die Forstliche Ertragskunde auf ökologischer Grundlage" an Hand von Beispielen für umweltbedingte Zusammenhänge bezeichnen. Gerade in der übersichtlichen, kurzen Darstellung an Hand von Beispielen, die hauptsächlich Veröffentlichungen der Baden-Württembergischen Versuchsanstalt, Wiedemanns und Burgers entstammen, liegt der hohe Informationswert für den Studenten und jeden an ertragskundlich-ökologischen Fragen Interessierten, denen dieses Buch zur Unterrichtung sehr empfohlen werden kann. Die Stellungnahme zu bestimmten ertragskundlichen Fragen unter Würdigung des gesamten Stands der bisherigen Forschung wird dagegen eine Aufgabe größerer Lehrbücher der Forstlichen Ertragskunde sein.

Die ausgezeichnete übersichtliche Darstellungsform in dem neuen Buche ist ein Verdienst des Verlagsinhabers ALBRECHT GRUBER, das hier besonders hervorgehoben sei. R. SCHOBER

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17 und Prof. Dr. R. Schober, Hann. Münden, Werraweg 1. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 25 08. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG






INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



141. JAHRGANG 1970 HEFT 11 NOVEMBER

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.





**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 11 des 141. Jahrganges sind:**

Dr. D. Böhlmann, 41 Duisburg-Großenbaum, Am Golfplatz 20

Oberforstmeister Dozent Dr. K. G. Kern, 6732 Edenkoben, Weinstraße 29

Professor Dr. W. Moll, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Prof. Dr. Jörg Barner, 78 Freiburg i. Br., Valentinstraße 8

Oberforstmeister Dozent Dr. H. D. Brabänder, 44 Münster, Lüdinghauser Straße 11

Dr. W. Landschütz, Institut National d'Etudes Forestières c/o Ambassade de la Republique Féderale d'Allemagne Cap Estérias, B. PP. 299 Libreville, Gabon

Prof. Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Vorläufige Ergebnisse von 2 Düngungsversuchen in Kiefern-Buchen-Kulturen auf streugenutzten Bundsandsteinböden des Pfälzer Waldes

(Aus den Instituten für Forstliche Ertragskunde und Bodenkunde der Universität Freiburg i. Br.)

(Mit 3 Abbildungen und 10 Tabellen)

**Teil A**

Von K. G. Kern und W. Moll

**Inhalt**



## I. Einleitung

Die schädlichen Auswirkungen jahrzehntelanger Streunutzung sind u. a. von Rebel (1920), Wiedemann (1942), Wittich (1954) und Mitscherlich (1958) untersucht und beschrieben worden, und nicht ohne Grund kommt Mitscherlich abschließend zu der Folgerung, daß die Streunutzung wohl mit Recht als die schwerste Mißhandlung bezeichnet werden muß, die dem Waldboden und damit auch dem Walde selbst zugefügt werden kann.

Sie kann auf armen Standorten nicht nur einen Leistungsabfall der aufstockenden Bestände um etwa die Hälfte des Volumzuwachses bewirken (Wiedemann 1942) sondern — infolge Unterbrechung des natürlichen Nährstoffkreislaufs — lang nachwirkende Bodenschädigungen hervorrufen, die häufig noch den Folgebestand negativ beeinflussen.

So zeigen die entsprechend der langfristigen Betriebsplanung vorwiegend auf sonn- und windseitigen Lagen (S, SW, W) begründeten Kiefern/Buchen (Ki/Bu)-Mischkulturen nicht nur geringes Wachstum, sondern weisen auch — trotz mehrfacher Nachbesserung — häufig hohe Ausfallprozente auf. Die aus solchen Kulturen hervorgehenden Bestände sind lückig, vielfach ohne ausreichenden Laubholzanteil und daher weder zur optimalen Volumenzuwachsleistung befähigt, noch zur Wertholzzucht geeignet. Es erscheint daher zwingend notwendig, nach Meliorationsmaßnahmen zu suchen, um diesen, mit großem finanziellen Aufwand begründeten Jungwüchsen ein geschlossenes Aufwachsen unter Erhaltung des Bu-Anteils zu ermöglichen.

Über den Versuch, durch kombinierte Anwendung geeigneter Herbizide und Düngemittel schon im Altbestand günstige Startbedingungen zu erreichen, wurde bereits a. a. O. ausführlich berichtet (Kern-Lanz-Moll 1970).

Hier sollen nun Verbesserungsmöglichkeiten in Ki/Bu-Kulturen auf degradierten Standorten untersucht werden, bei denen im Vorbestand keine Meliorationsmaßnahmen durchgeführt wurden.

Dabei war das Versuchsziel — auf Grund vorausgegangener Boden- und Nadeluntersuchungen — Düngungsmaßnahmen ausfindig zu machen, die — bei vertretbarem finanziellem Aufwand —

1. ein rasches Herauswachsen bereits begründeter Ki/Bu-Kulturen aus der gefährdeten bodennahen Zone ermöglichen und damit ohne teure Nachbesserung zur gleichmäßig geschlossenen Dickung führen,
2. eine Erhaltung der Bu-Beimischung durch entsprechende Förderung garantieren und
3. der insbesondere durch frühere Streunutzung bewirkten Bodendegration deutlich und langfristig entgegenwirken.

Die Durchführung der Versuche wurde durch die fortschrittliche Einstellung des Bürgermeisters und des Stadtrates von Edenkoben ermöglicht, die im Stadtwald die für die Versuchsanlage benötigten Flächen bereitwillig zur Verfügung stellten. Ihnen gebührt ebenso herzlicher Dank wie der forstlichen Beratungsstelle der BASF, welche die zur Finanzierung benötigten Mittel bereitstellte.

Besonders danken möchten wir an dieser Stelle auch dem bis Januar 1966 für den einschlägigen Dienstbezirk zuständigen Betriebsbeamten Ofö. Schall, der bei der Versuchsanlage unermüdlich mitwirkte, sowie seinem Nachfolger, Ofö. Grünenwald, dem die Betreuung der Flächen eine Herzensangelegenheit ist. Bei den umfangreichen Meß- und Auswertungsarbeiten haben außerdem die Herren Edinger, Fischer, Gienandt, Hayna und Lang tatkräftig mitgewirkt, wofür ihnen Dank und Anerkennung gebührt. Bedanken möchten wir uns schließlich noch bei Frau R. Goeze, welche die umfangreichen Laborarbeiten beaufsichtigte sowie bei Frau A. Schrempp für das Zeichnen der Abbildungen und bei Herrn J. Lang für die Erledigung der Schreibarbeiten.

## II. Beschreibung der beiden Versuchsreihen

### *1. Standorts- und Bestockungsverhältnisse*

| | |
|---|---|
| Georgr. Lage: | Vorderhaardt |
| Höhenlage: | 450 - 500 m |
| Expos. u. Inkl.: | WNW 15 - 20° |
| Klima: | Mittl. Jahrestemperatur DWD-Station Weinbiet: (553 m ü. NN) 7,8 °C. Mittl. Jahresniederschläge (Weinbiet): (1960 - 69) 620 mm, davon 365 mm von April - Sept. |
| Bodenart: | Anlehmiger — lehmiger Sand |
| Bodentyp: | Podsolige Braunerde |
| Gestein: | Hauptbuntsandstein (Trifels- u. Rehbergschichten) |
| Besonderheiten: | Starke Streunutzung, stellenweise bis in die 40er Jahre dieses Jahrhunderts. Ungedüngte Kulturen (meist Ki/Bu) trotz Nachbesserungen im allgem. lückig. Starke Beerkraut- und Heidekonkurrenz. Verbißgefahr durch Reh- und Rotwild. |

Vor der Versuchsanlage war der Bodenzustand auf den Versuchsflächen weitgehend einheitlich. Nach Morphologie und Horizontierung handelt es sich um eine podsolige Braunerde mittlerer Mächtigkeit. Die Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen

Tabelle 1

**Ergebnisse der Bodenanalysen vor der Versuchsanlage**

| Horizont | Tiefe cm | pH (KCl) | C % | org. Subst. % | N % | C:N | 1 % Zitronensäure mg/100 gr Boden Ca | Mg | K | P | 3 % HCl mg/100 gr Boden Ca | Mg | K | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0/Ah | 0 - 10 | 3,0 | 11,5 | 23,0 | 0,32 | 36 | 45 | 11 | 8 | 8 | 96 | 23 | 11 | 32 |
| Ae/Bv | 10 - 20 | 3,0 | 1,8 | 3,6 | 0,05 | 33 | 36 | 4 | 2 | 4 | 36 | 7 | 6 | 31 |
| $Bv_1$ | 20 - 30 | 4,1 | 1,1 | 2,2 | 0,04 | 28 | 3 | 20 | 10 | 4 | 5 | 22 | 20 | 13 |
| $Bv_2$ | 30 - 60 | 4,3 | | | | | 1 | 4 | 8 | 3 | 4 | 32 | 20 | 13 |

weisen auf einen wasserdurchlässigen, sorptionsschwachen, anlehmigen bis lehmigen Sand hin. Der mittlere Rohtongehalt der Tiefenstufe 20 - 60 cm beträgt 4,2 %, die durchschnittliche Kationenumtauschkapazität (KUK) 2,0 mval/100 g Boden bzw. 47 mval/100 g Ton, und die Basensättigung durchschnittlich 4 % der KUK.

Der Tonmineralbestand setzt sich fast ausschließlich aus Hydroglimmern und Illit zusammen; röntgenographisch konnte ein sehr geringer Anteil an Wechsellagerungsmineralen festgestellt werden. Die Ergebnisse der chemischen Voruntersuchung sind in Tab. 1 wiedergegeben.

In der Tiefenstufe 0 - 10 cm ist die org. Substanz (23 %) als Rohhumus (C : N 36) angereichert. Die Prüfung auf Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe (1 % Zitronensäureextraktion) ergab nach den zur Zeit gebräuchlichen Richtwerten (Knickmann 1955, Gussone 1964, Baule und Fricker 1967) ein nicht ausreichendes Angebot an Phosphor, ein knapp ausreichendes Angebot an Kalium, ein ausreichendes Angebot an Magnesium. Kalzium ist in den Humushorizonten in ausreichender Menge konzentriert, das Angebot in den Mineralbodenhorizonten ist gering. Die durch 3 % — HCl — Extraktion ermittelten Nährstoffreserven sind bei Phosphor und Magnesium voll ausreichend, bei Kalium knapp ausreichend bis ausreichend und bei Kalzium im Unterboden gering und im Oberboden durch Akkumulation ausreichend. Zur Verhinderung der Rohhumusbildung und zur Abpufferung organischer Säuren sind die Kalziumvorräte jedoch insgesamt nicht ausreichend. In einem an die Versuchsfläche angrenzenden über 100-jährigen Ki-Baumholz wurden 1965 nadelanalytische Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden bei sehr geringer Streuung folgende Nährelementkonzentrationen ermittelt:

*Durchschnittliche Nährelementkonzentration in % Tr. Subst.*

N 1,42; P 0,107; K 0,540; Ca 0,345; Mg 0,096; Mn 0,029; Fe 0,07; Al 0,015.

Entsprechend den gebräuchlichen Richtwerten (Krauss 1962, Wehrmann 1963 a b, Zöttl 1964 b, Gussone 1964, Baule und Fricker 1967) ist die Versorgung mit Stickstoff mäßig, mit Phosphor nicht ausreichend, mit Kalium ausreichend, mit Kalzium, Magnesium und Spurenelementen voll ausreichend.

Die beiden zur Versuchsanlage herangezogenen Ki/Bu-Kulturen wurden nach riefenweiser Bodenvorbereitung von Hand (d. h. Entfernen der Rohhumusauflage von den vorgesehenen Pflanzreihen = „Riefen“ und Lagern auf den benachbarten „Balken“) mit Pfälzer Höhenkiefern (1/0) im Verband von etwa 1,3 x 0,33 m mit einem Bu-Anteil (1/2) von 15 - 20 % begründet, und zwar am Waldort II 3 $c^1$ Am Gefleckten im Frühjahr 1964, am Waldort II 8 $b^2$ Kohlplatz im Frühjahr 1965.

### 2. *Versuchsanlage*

Auf Grund der Ergebnisse von Nadel- und Bodenanalysen ist auf unseren Standorten ein akuter N- und P-Mangel vorhanden. Da nach van Goor (1956, 61, 62) und Brüning (1959, 61, 63, 64) die Kiefer bei einem beachtlichen Kalibedarf auf K-Gaben sehr positiv reagiert hat, erschien es sinnvoll, auch die Wirkung einer zusätzlichen Kalidüngung zu überprüfen.

Tabelle 2

**Die in den beiden Versuchsreihen (VR) vorgenommenen Düngemaßnahmen und ihre Kosten**

| Düngemittel | Menge dz/ha | Reinnährstoff kg N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | $CaCO_3$ | MgO | Zeitpunkt der Ausbringung Monat/Jahr | Parzellen-Nr. | Parz.-Größe ha | Kosten der Düngung Sachk. DM | Lohnkost. inkl. Soz.-lasten DM | Sa. DM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Tabelle 2a* VR II 3$c^1$ Am Gefleckten 5jähr. Ki-Bu-Kultur (1968) | | | | | | | | | | | | |
| unbehandelt | (0-Fläch.) | — | — | — | — | — | — | 1,5,9 | 0,075 | — | — | — |
| Hyperphos | 10 | — | 280 | — | 150 | — | V/65 | | | | | |
| + Harnstoff | 2 } | 184 | — | — | — | — | VI/65 | 3,4,8 | 0,075 | 160,— | 45,— } | *383,—* |
| + Harnstoff | 2 } | | | | | | VI/67 | | | +154,— | 24,— } | |
| Hyperphos | 10 | — | 280 | — | 150 | — | V/65 | | | | | |
| + Patentkali | 5 | — | — | 140 | — | 50 | V/65 | 2,6,7 | 0,075 | 160,— | 45,— } | *483,—* |
| + Harnstoff | 2 } | 184 | — | — | — | — | VI/65 | | | + 70,— | 30,— } | |
| + Harnstoff | 2 } | | | | | | VI/67 | | | +154,— | 24,— } | |
| *Tabelle 2b* VR II 8$b^2$ Kohlplatz 4jähr. Ki-Bu-Kultur (1968) | | | | | | | | | | | | |
| unbehandelt | (0-Fläch.) | — | — | — | — | — | — | 2,3 | 0,105 | 73,— | 75,— | |
| Kalkmergel | 25 | — | — | — | 1700 | 260 | V/65 | | | | | *461,—* |
| + Nitrophoska blau extra | 5 } | 120 | 120 | 170 | — | 20 | VI/66 | 1,4 | 0,105 | +253,— | 60,— | |
| + Nitrophoska blau extra (12/12/17/2) | 5 } | | | | | | VI/68 | | | | | |

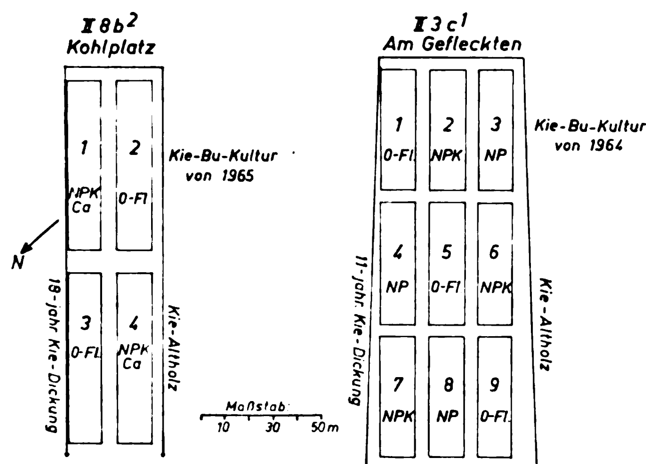



Abbildung 1
*Lageplan*
Die vorgenommenen Düngemaßnahmen sind in Tabelle 2 näher beschrieben.

Ein entsprechender Versuch wurde am Waldort II 3 c¹ Am Gefleckten angelegt. Es handelt sich dabei, wie aus dem Lageplan in Abb. 1 (rechts) und Tab. 2a hervorgeht, um einen K-Mangelversuch mit den Varianten NPK, NP und 0 in zweifacher Wiederholung. Die neun Parzellen sind jeweils 0,075 ha groß und durch ca. 6 m breite unbehandelte Streifen voneinander getrennt.

Die ausgebrachten Rein-Nährstoffmengen pro ha belaufen sich bei N auf 184 kg (in zwei gleichen Gaben 1965 und 1967), bei $P_2O_5$ auf 280 kg (1965), bei $K_2O$ auf 140 kg (1965). Stickstoff wurde in Amidform (als Harnstoff), Phosphor in Form eines weicherdigen Rohphosphats (Hyperphos) und Kali als Kalimagnesia (Patentkali) gegeben.

Nachdem auf unseren ausgeplünderten Standorten im Hinblick auf Landschaftsgestaltung und langfristige Melioration dem Laubholz eine besondere Bedeutung zukommt, erschien es sinnvoll, die Reaktion der kalkfreundlichen Buche auf entsprechende zusätzliche Ca-Gaben zu testen. Dabei sind unter Umständen auch positive Reaktionen der Kiefer möglich, wie beispielsweise aus dem Versuch Gades (Gussone 1963) ersehen werden kann.

Dieser Frage ist hier der Versuch II 8 b² Kohlplatz gewidmet. Er soll — mit einfacher Wiederholung — die Wirkung einer NPKCa-Düngung gegenüber 0 bei Ki und Bu prüfen. Der Versuch besteht aus 4 Parzellen von jeweils 0,105 ha Größe mit entsprechenden Trennstreifen. Der Lageplan findet sich in Abb. 1 links, die angewandten Düngemaßnahmen mit zugehörigen Kosten sind in Tab. 2b verzeichnet.

Wie dort zu ersehen ist, wurden bei der NPKCa-Düngung folgende Reinnährstoffmengen pro ha gegeben: $CaCO_3$ ca. 1700 kg (1965), dies entspricht etwa 950 kg CaO; N u. $P_2O_5$ jeweils 120 kg (in zwei gleichen Gaben 1966 und 1968), $K_2O$ 170 kg (in zwei gleichen Gaben 1966 und 1968).

Gegenüber der NPK-Düngung der Versuchsreihe II 3 c¹ sind also — abgesehen von der Ca-Gabe — die N- und P-Dosierung geringer, die Kaligabe etwas höher. Als Düngemittel wurde hier das im allg. rasch wirkende, chloridfreie Nitrophoska blau-extra 12/12/17/2 mit Spurenelementen gewählt.

Zu Tab. 1 ist noch nachzutragen, daß dort die Düngemittelpreise von 1968 (1. Lieferabschnitt Juli - Nov.) ohne Umsatzsteuer zugrunde gelegt wurden. Bei der (breitflächigen) Ausbringung ist folgender Zeitbedarf pro dz unterstellt: P- und K-Dünger = ca. 45 Minuten, gekörnter N-Dünger = ca. 60 Minuten. Die Kosten pro Stunde incl. 70 % Soziallasten sind mit DM 6,— angenommen.

Sämtliche Düngemittel wurden durch zuverlässige und erfahrene Waldarbeiter unter Aufsicht des Bezirksbeamten von Hand ausgestreut.

In Anbetracht des relativ hohen Wildstandes (Reh- und Rotwild) ließen wir die betreffenden Kulturen bei Versuchsbeginn rotwildsicher gattern.

## III. Methoden zur Ermittlung des Düngeerfolges

### *1. Ertragskundliche Daten*

Um den vorläufigen Einfluß der hier erprobten Düngerkombinationen auf das Wachstum von Ki und Bu nach 3- bzw. 4jähriger Wirkungsdauer festzustellen, wurden im Herbst 1968 und Frühjahr 1969 stichprobenweise folgende Größen ermittelt:

1) Gesamthöhe (h) auf cm genau bei Ki und Bu;
2) Höhentriebe ($i_h$) ab Düngejahr bis incl. 1968 (auf 0,5 cm genau) bei Ki;
3) mittl. Stärke (d) vom Höhentrieb des 1. Düngejahres (1965 bei II 3c¹, 1966 bei II 8b²) auf 1/10 mm genau mittels Mauserschublehre bei Ki;
4) Durchmesser ca. 1 cm über der Bodenoberfläche (d) bei Bu (bei der die nachträgliche Fixierung der Höhentriebe Schwierigkeiten bereitet), ebenfalls auf 1/10 mm genau mit Mauser-Schublehre.

Die Zahl der benötigten Stichproben haben wir im Anhalt an die Formel

$$n = \left(\frac{2}{F\ \%}\right)^2 \cdot S\ \%^2$$

überschlägig bestimmt; dabei bedeuten:

n = notwendige Stichprobenzahl,
F % = tolerierter Fehler in % des arithmetischen Mittelwertes,
S % = Variationskoeffizient = mittl. Abweichung in % des Mittelwertes.

Der Faktor 2 gilt für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 %, d. h. das Ergebnis soll für 95 von 100 untersuchten Fällen zutreffen.

In Voruntersuchungen waren für S % Werte zwischen 25 und 30 ermittelt worden, womit sich — bei einem tolerierten Fehler von 5 % — eine Mindeststichprobenzahl zwischen 100 und 144 errechnete. Entsprechend den Ergebnissen von Gussone (1963) wurden die Messungen nicht riefenweise, sondern in 1/2 bis 1 ar großen, geschlossenen Teilflächen vorgenommen, die möglichst gleichmäßig über das Gesamtareal verteilt waren.

Die Frage, ob eine Totalaufmessung oder eine von Wittich (1958) als Oberhöhenmessung und von Gussone (1963) als Abschnittsmessung benanntes Verfahren angewandt werden sollte (z. B. in 1 m hohen Kulturen alle 1 m, in 2 m hohen Kulturen alle 2 m die höchste Pflanze), wurde zu Gunsten der Totalaufmessung entschieden. Der Grund dafür liegt einmal in dem Bestreben, die erzeugte oberirdische organische Substanz pro Flächeneinheit durch Indexwerte zu erfassen, zum zweiten in der Erkenntnis, daß die höchsten Pflanzen bei Ki vielfach Protzencharakter haben und auf dem Wege der Jungwuchspflege in nicht allzu ferner Zeit entfernt werden müssen.

Um einen Anhalt für das oberirdische Sproßvolumen zu gewinnen, wurde ein Indexwert aus dem Produkt $d^2 \times h$ errechnet.

Zuvor war an jeweils 50 Bäumchen überprüft worden, ob die Bestandesglieder gedüngter und ungedüngter Parzellen unterschiedliche Formigkeit aufweisen, und zwar mit Hilfe des Quotienten $d_{05} : d_{01}$. Da sich hierbei keine Unterschiede zwischen gedüngt und ungedüngt ergaben (in beiden Fällen 0,46), erlaubt der gewählte Indexwert $d^2 \times h$ gewisse Schlüsse auf die oberirdische Volumproduktion.

Nach H. H. Krauss (1965) steht das bei Kulturversuchen benutzte Volummaß $d_m^2 \times h$ in sehr straffer linearer Beziehung zum Gewicht der gemessenen Stämmchen (B = 0,99).

Aufgrund der linearen Beziehung gibt das Volummaß Ertragsunterschiede in den gleichen Verhältnissen wieder wie eine gewichtsmäßige Messung. Demgegenüber stehen h und d allein in

nichtlinearer Beziehung zum Pflanzengewicht. Bei älteren Kulturen mit großen Pflanzen werden daher Ertragssteigerungen bei Verwendung von h oder d als einziger Ertragsmeßgröße unterbewertet, oftmals aber auch garnicht erkannt.

Von Interesse erschien — im Hinblick auf die künftige Qualität — auch ein testweiser Vergleich der Astzahlen und Aststärken bei Ki in gedüngten und ungedüngten Parzellen. Wir haben daher im Frühjahr 1970 an je 260 Bäumchen der NPK- und 0-Flächen der Versuchsreihe II $8b^1$ folgende Daten erfaßt:

1. Zahl der Äste in den Quirlen 1969, 68, 67,
2. Stärke der 3 dicksten Äste pro Quirl in $^1/_{10}$ mm, unmittelbar am Stämmchen, mittels Mauser-Schublehre.

Die statistische Überprüfung der ermittelten Kennwerte wurde im Hinblick auf die Vorläufigkeit der Ergebnisse mit relativ arbeitsextensiven Tests vorgenommen.

### 2. *Bodenanalysen*

Im Herbst 1968 wurden sowohl von der „Riefe" (d. h. von der bei der Pflanzung von Rohhumus befreiten Pflanzreihe) als auch vom „Balken" (= Streifen zwischen den Riefen, auf denen das abgezogene Rohhumuspolster abgelagert ist) in allen Parzellen je eine Mischprobe aus der Tiefenstufe 0 - 15 cm entnommen. Diese Proben erfuhren die gleiche analytische Behandlung wie die vor der Versuchsanlage gezogenen Bodenproben.

### 3. *Nadelproben*

In den Parzellen wurden Ende Oktober 1967 und 1968 von ca. 15 - 20 Kiefern Mischproben $^1/_2$-jähriger Nadeln des ersten Wirtels entnommen und der Gehalt an Kernnährstoffen sowie an Mn, Fe und Al bestimmt. In einzelnen Parzellen haben wir im Herbst 1969 in gleicher Weise nochmals eine Nachkontrolle vorgenommen.

## IV. Ergebnisse

### 1. *Ertragskundliche Ergebnisse*

Wir wollen uns zunächst der Versuchsreihe II $3c^1$ (0 - NP - NPK) zuwenden und die in Abb. 2 für die Einzelparzellen graphisch aufgetragenen Pflanzenzahlen, Mittelhöhen- und Triebstärken für Ki (links) und Bu (rechts) — Stand Ende 1968 — betrachten.

Dabei fällt folgendes auf:
a) Alle hier aufgezeichneten Merkmale zeigen i. D. von 0 über NP zu NPK eine steigende Tendenz, wobei der Anstieg zwischen NP und NPK bei Höhe und Stärke nur noch gering ist.
b) Auch die gleichartig behandelten Parzellen weisen untereinander eine gewisse Streuung auf, die offensichtlich durch die standörtlichen Verschiedenheiten von Ober-, Mittel- und Unterhang sowie durch die wechselnde Randwirkung der Nachbarbestände bewirkt wird.

So scheint für die Ki in vorliegendem Falle die Gunst der Wuchsverhältnisse — wenn auch nur in geringem Ausmaß — von oben nach unten abzunehmen; denn — wie allgemein beim Absinken der Bonität — fallen die Mittelhöhen- und Durchmesserwerte mit Abnahme der Geländehöhe, während die natürliche Stammausscheidung — analog — oben weiter fortgeschritten ist als in den tiefer gelegenen Bestandesteilen.

Die Vitalität der Buche — ausgedrückt durch Mittelhöhe, Stärke der Stämmchen in Bodennähe und Zahl der bisher erhaltenen Laubmischholzglieder — ist im Mittelabschnitt (Parzellen 4, 5, 6) offensichtlich etwas geringer als in den nach oben und unten angrenzenden Bestandespartien. Diesen, wenn auch nicht sehr bedeutsamen standörtlichen Unterschieden, die geologisch (Übergang Trifels-Rehbergschichten) oder durch Differenzen im Wasserhaushalt bedingt sein können, wird später noch detaillierter nachzugehen sein.

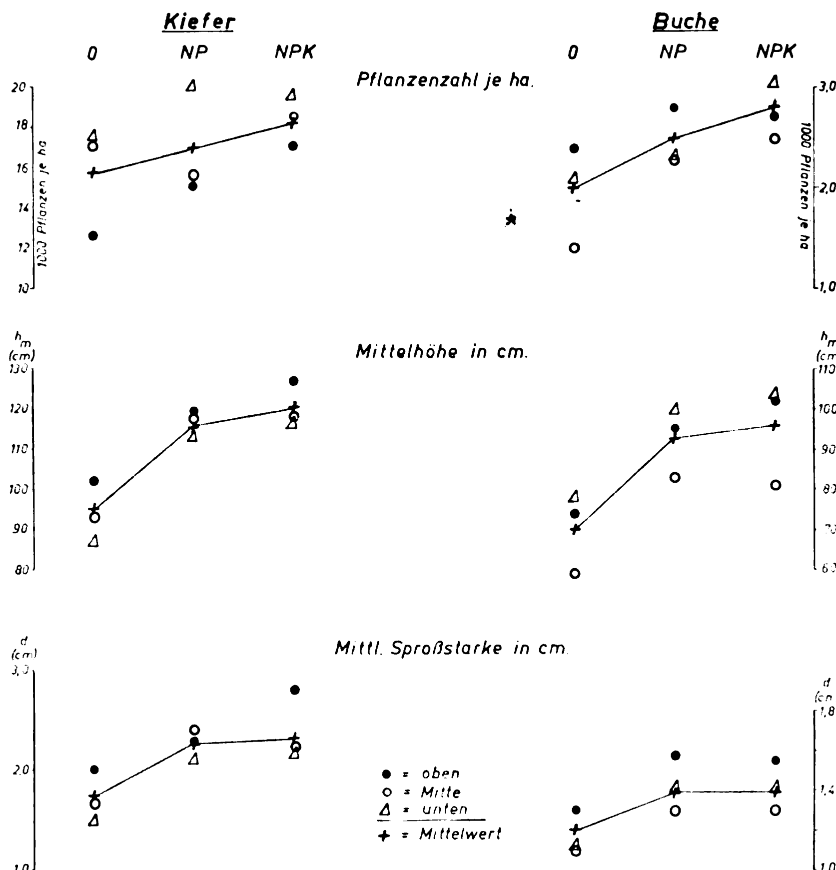



Abbildung 2
*Pflanzenzahlen, Mittelhöhen und mittlere Sproßstärken der Einzelparzellen des Versuchs II 3 $c^1$ Am Gefleckten*
(Kiefer links, Buche rechts; Stand nach Abschluß der Vegetationszeit 1968).
Alle hier aufgezeichneten Merkmale zeigen i. D. von 0 über NP zu NPK eine steigende Tendenz, wobei der Anstieg zwischen NP und NPK bei Höhe und Stärke nur noch gering ist.

**Tabelle 3**
**Der Einfluß der Düngungsmaßnahmen auf das Wachstum von Kiefern und Buchen im Versuch II 3c¹ Am Gefleckten**
(Stand Herbst 1968)
(Angaben in % der 0-Flächen)

| Spalte 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kiefern | | | | | Buchen | | | | |
| Düngung | Pflanzenzahlen (n) % | Ges. Höhe (h) % | ⌀ 65er Trieb (d) % | Index $d^2$ xh („Mittelstämmchen") % | Index $\Sigma d^2$ x h je ha % | Pflanzenzahlen (n) % | Ges. Höhe (h) % | ⌀ Boden (d) % | Index $d^2$ xh („Mittelstämmchen") % | Index $\Sigma d^2$ x h je ha % |
| 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| NP | 107 | 124 | 135 | 226 | 242 | 125 | 133 | 117 | 182 | 228 |
| NPK | 117 | 128 | 141 | 254 | 297 | 140 | 137 | 117 | 188 | 263 |

Alles in allem ist aber die gesamte Entwicklungstendenz von Ki und Bu bei gleicher Behandlung (0 - NP - NPK) so einheitlich, daß bei der weiteren Betrachtung von den gemeinsamen Mittelwerten der Wiederholungen ausgegangen werden kann.

So haben wir in Tab. 3 einige charakteristische Kennwerte über den Einfluß der durchgeführten Düngemaßnahmen auf das Wachstum von Ki und Bu zusammengestellt, wobei im Hinblick auf einen leichteren Vergleich die Angaben in % der (unbehandelten) 0-Flächen gemacht sind.

Wir können dieser Tabelle 3 folgendes entnehmen:

1. Die Zahl der Bestandesglieder nimmt bei Ki von der 0-Fläche zur NP-Düngung um durchschnittlich 7 %, von der NP- zur NPK-Behandlung um weitere 10 % des 0-Flächenwertes zu (Spalte 2). Bei Bu ist sogar ein Anstieg um 25 % bei NP und 40 % bei NPK gegenüber 0 festzustellen (Spalte 7).
2. Die Höhenentwicklung ist insbesondere durch die NP-Gabe gefördert worden, und zwar bei Ki (Spalte 3) um 24 %, bei Bu (Spalte 8) um 33 % gegenüber unbehandelt. Die zusätzliche K-Gabe hat sich hier nur schwach ausgewirkt (Steigerung von 124 auf 128 % der 0-Fläche bei Ki, von 133 auf 137 % bei Bu).
3. Auch für die Stärkenentwicklung ist die NP-Gabe entscheidend gewesen. Sie hat gegenüber der 0-Fläche bei Ki (Spalte 4) eine Wuchssteigerung von 35 %, bei Bu (Spalte 9) um 17 % bewirkt. Auch hier hat sich die K-Gabe bisher als nicht sehr zuwachssteigernd erwiesen (bei Ki Erhöhung von 135 auf 141 % der unbehandelten Flächen, bei Bu überhaupt kein Steigerungseffekt).
4. Beim Indexwert für das Sproßvolumen des „Mittelstämmchens" ergeben sich infolge der Kombination von Höhen- und Stärkenwachstum durch die Düngung erwartungsgemäß größere positive Abweichungen gegenüber den Nullflächen als dies beim Höhen- und Dickenwachstum zu beobachten ist.
   Hier beträgt die Steigerung der NP-Düngung bei Ki (Spalte 5) + 126 % gegenüber unbehandelt, bei Bu (Spalte 10) + 82 %, die der NPK-Düngung bei Ki + 154 %, bei Bu + 88 %.

Erst beim Indexwert für das Sproßvolumen pro Flächeneinheit, d. h. bei Berücksichtigung der Pflanzenzahlen je ha zeichnet sich eine deutliche Überlegenheit der NPK-Düngung gegenüber der NP-Gabe ab (vergl. Spalten 6 und 11). Allerdings ist diese letzte Betrachtungsweise in der Jugendphase im Hinblick auf die Unverwertbarkeit des erzeugten organischen Materials mehr von biologischem Interesse.

Die vorläufige statistische Auswertung der Meßergebnisse — der erforderlichen n-Werte wegen zunächst nur für Ki durchgeführt — brachte folgende Ergebnisse:

Varianzanalyse und F-Test lassen für die Baumart Ki sowohl hinsichtlich der Gesamthöhe als auch der mittleren Stärke des 65er Höhentriebs am Ende der Vegetationszeit 1968 einen hochsignifikanten Einfluß der Düngung auf die Gesamtvarianz erkennen. Der Anteil der Teilvarianz Düngung liegt nämlich bei 80 % und überragt den Standorteinfluß mit ca. 10 % und die Restvarianz um ein Vielfaches. Mittels t-Test konnte festgestellt werden, daß die Differenzen bei Gesamthöhe und ⌀ 65er Trieb der Ki zwischen 0-Flächen einerseits und NP- sowie NPK-Parzellen andererseits hochsignifikant sind (Überschreitungswahrscheinlichkeit 0,01).

Die Unterschiede zwischen NP und NPK hingegen liegen in zwei der drei Vergleichsreihen im Zufallsbereich.

Vor der Behandlung spezieller Fragen wollen wir uns an Hand der Tab. 4 noch einen Überblick über die Auswirkung der NPKCa-Düngung im Versuch II 8b² Kohlplatz verschaffen.

Wir stellen fest:

1. Ähnlich wie in der Versuchsreihe II 3c¹ sind die Standortsverhältnisse in der oberen Hanglage etwas günstiger als unten, d. h. das Vergleichspaar 1/2 hat etwas höheres Zuwachsniveau als die Parzellen 3/4.
2. Im übrigen ist aber der positive Einfluß der NPKCa-Düngung in beiden Fällen so einheitlich, daß eine gemeinsame Betrachtung der beiden Vergleichspaare über die gemittelten Werte ohne weiteres zulässig erscheint.

Diese Durchschnittswerte, die wir der weiteren Betrachtung zugrunde legen wollen, finden sich in der untersten Zeile der Tab. 4, und zwar als auf die 0-Parzellen bezogene Relativwerte.

Auch hier liegen demnach — ähnlich wie in der Versuchsreihe II 3c¹ — die n-Werte der gedüngten Flächen deutlich über denen der 0-Parzellen, und zwar um durchschnittlich 16 % bei Ki und 27 % bei Bu.

Außerdem kann der Tab. 4 entnommen werden, daß durch die NPKCa-Düngung die Ki eine deutliche, die Bu eine außergewöhnlich hohe Förderung des Höhenwachstums erfahren hat. Dadurch hat sich bereits nach 3jähriger Wirkungsdauer die durchschnittliche Höhenrelation zwischen Ki und Bu eindeutig zu Gunsten der Bu verschoben.

(0-Parzellen i. D.: hm Ki ca. 48 cm; hm Bu ca. 50 cm, also praktisch gleich.
NPKCa-Parzellen i. D.: hm Ki ca. 65 cm; hm Bu ca. 99 cm, also deutliche Überlegenheit der Bu!).

Diese Bevorzugung der Bu, die wohl als Auswirkung der Ca-Komponente angesehen werden kann, ist in Ki/Bu-Mischbeständen u. U. mit erhöhten Pflegeaufwendungen zu Gunsten der Ki verbunden und daher für die Praxis nicht unproblematisch. Immerhin gibt dieser Versuch einen deutlichen Hinweis, wie auf unseren Standorten ganz allgemein die Bu gefördert werden kann. Die besonders positive Reaktion dieser Baumart zeigt sich nämlich auch bei der Stärkenentwicklung; dort ist die Steigerung gegen-

Tabelle 4

**Der Einfluß der NPKCa-Düngung auf das Wachstum von Kiefern und Buchen im Versuch II 8b² Kohlplatz** (Stand Herbst 1968)

| Parz.-Nr. | Behandlung | Kiefer Pflanzen-zahl n Tsd. / ha | h cm | Ø 66er Trieb cm | Index $d^2 x h$ | Buche Pflanzen-zahl n Tsd. / ha | h cm | Ø Boden cm | Index $d^2 x h$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 (oben) | 0 | 15,3 | 51,3 | 1,20 | | 2,95 | 53,9 | 1,1 | |
| 3 (unten) | 0 | 15,9 | 43,7 | 1,10 | | 3,05 | 46,9 | 0,9 | |
| | i. D. | 15,6 | 47,5 | 1,15 | | 3,00 | 50,4 | 1,0 | |
| 1 (oben) | NPKCa | 17,5 | 67,2 | 1,50 | | 3,76 | 108,8 | 1,7 | |
| | | | (131 %) | (125 %) | | | (202 %) | (154 %) | |
| 4 (unten) | NPKCa | 18,6 | 61,9 | 1,50 | | 3,88 | 89,1 | 1,5 | |
| | | | (142 %) | (137 %) | | | (190 %) | (167 %) | |
| | i. D. | 18,1 | 64,5 | 1,50 | | 3,82 | 98,9 | 1,6 | |
| | NPKCa in % der 0-Flächen | 116 | 136 *) | 131 *) | 234 | 127 | 196 *) | 160 *) | 502 |

*) Bem.: Die Unterschiede in Höhen- und Stärkenentwicklung zwischen 0 und NPKCa sind hochsignifikant (P 0,01).

über unbehandelt mit 60 % fast doppelt so groß wie bei Ki mit 31 %.

Der Indexwert für das oberirdische Sproßvolumen $d^2 \cdot h$ der mittels NPKCa-Düngung bei der Ki um 134 % über die 0-Fläche angehoben werden konnte, ist bei Bu durch diese Maßnahme gar um ca. 400 % erhöht worden.

Neben diesen allgemeinen, den ganzen Zeitraum von der Düngung bis zur Auswertung umfassenden Aussagen, lassen sich an Hand der jährlichen Höhenentwicklung der Ki auch Hinweise über die Auswirkung der getroffenen Maßnahmen in den Einzeljahren gewinnen. Wir wollen dies an Abb. 3 für die Versuchsreihen II 3c¹ (links) und II 8b² (rechts) verfolgen.

In Form einer Balkengraphik sind dort für die einzelnen Behandlungsarten die durchschnittlichen Jahrestrieblängen seit Beginn der Maßnahmen übereinander aufgetragen. Die Gesamtbalkenhöhe ergibt die durchschnittliche Höhenwuchsleistung vom Zeitpunkt der Düngung bis Ende der Vegetationszeit 1968; die

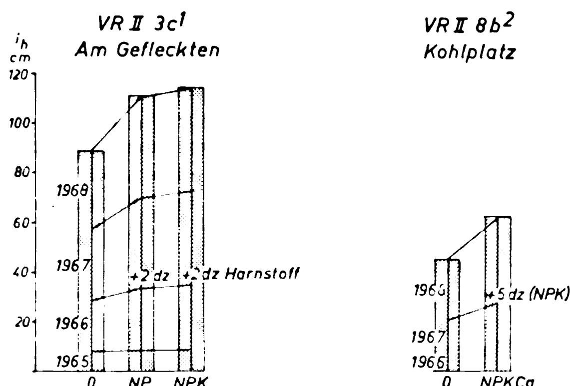



Abbildung 3

*Höhenzuwachs der Kiefer seit Versuchsanlage in cm*
*(Stand: Herbst 1968)*

Im ersten Düngejahr sind noch keine positiven Ausschläge zu erkennen. Ab dem zweiten Jahr zeigen alle hier erprobten Varianten (NP, NPK, NPKCa) eine deutliche Zuwachssteigerung gegenüber unbehandelt, die im Zeitpunkt der Aufmessung ihren Höhepunkt noch nicht überschritten hat.

Verbindungslinien zwischen den entsprechenden Jahrestriebgrenzen verschieden gedüngter Parzellen lassen u. a. aus ihrem Steigungswinkel erkennen, ob die Düngewirkung in den Beobachtungsjahren positiv war. Durch einen Vergleich der Steigungswinkel in den verschiedenen Jahren kann außerdem festgestellt werden, ob sich die Wirksamkeit in gleicher Weise erhalten (parallele Verbindungslinien in zwei aufeinanderfolgenden Jahren), verstärkt oder abgeschwächt hat (größerer bzw. geringerer Steigungswinkel als im Vorjahr).

In keinem Fall ergibt sich demnach im ersten Düngejahr eine deutlich positive Wirkung, was in Anbetracht der Ausbringung der Dünger im Mai/Juni und des relativ frühen Abschlusses des Höhenwachstums innerhalb der Vegetationszeit auch nicht verwundern kann (Wittich 1958, Krauss 1963, Kern-Lanz-Moll 1970).

Im zweiten Jahr nach der Düngung zeigen alle hier erprobten Düngevarianten (NP, NPK, NPKCa) eine deutliche Zuwachssteigerung gegenüber unbehandelt, ein Effekt der sich — bei Nachdüngung gem. Tab. 2 — unvermindert bis Ende 1968 fortsetzte.

Die stärkste Förderung der Ki geht dabei offensichtlich von der NP-Düngung aus, während die zusätzliche K-Gabe — wie auch nach Tab. 3 zu erwarten ist — bisher als nicht besonders wirkungsvoll angesehen werden muß.

Weiterhin ist erkennbar, daß im Herbst 1968 in keiner Variante der Düngungseffekt seinen Höhepunkt bereits überschritten hatte. (Für die NPK-Variante in II 3c¹, in der — im Vergleich mit unbehandelt — im Frühjahr 1970 einige noch zu besprechende Zusatzmessungen vorgenommen wurden, war auch nach Abschluß der Vegetationszeit 1969 das Maximum der Förderung noch nicht überschritten; denn der relative — auf die 0-Fläche bezogene — Höhenzuwachs lag 1969 mit 132 % auf gleichem Niveau wie 1968).

Bei der letzten Betrachtung haben wir die durchschnittliche Länge der Höhentriebe in den gedüngten Parzellen stets auf die Werte der zugehörigen 0-Flächen bezogen. Wählen wir jedoch eine flächeneigene Größe als Bezugsbasis, z. B. die Länge des Höhentriebs im Jahre der Düngung, so lassen sich Relativwerte gewinnen, die etwas über den Wachstumsrhythmus aussagen können. Wir wollen dies an Hand der Tab. 5 verfolgen:

Tabelle 5

**Untersuchung des natürlichen Höhenzuwachsablaufs (0-Fläche) vom Jahr der Düngung bis Ende 1968 und seine Beeinflussung durch Düngemaßnahmen**

| Düngung | VR II 3c¹ Länge der Höhentriebe in % $i_h$ 1965 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 |
| 0 | 100 | 257 | 353 | 393 |
| NP | 100 | 274 | 410 | 462 |
| NPK | 100 | 294 | 426 | 480 |
| Δ NP - 0 | | + 17 | + 57 | + 69 |
| Δ NPK - 0 | | + 37 | + 73 | + 87 |
| | VR II 8b² Länge der Höhentriebe in % $i_h$ 1966 | | | |
| 0 | | 100 | 346 | 539 |
| NPKCa | | 100 | 447 | 686 |
| Δ NPKCa - 0 | | | + 101 | + 147 |

Der natürliche Wachstumsablauf, repräsentiert durch die 0-Flächen ist — gleiche Provenienz vorausgesetzt — in erster Linie vom Alter der Pflanzen und der Witterung der Einzeljahre abhängig. Er läßt sich, wie unser Beispiel zeigt, durch Düngung erheblich beeinflussen. Dabei kann das Ausmaß der Düngerwirkung an der Größe der Abweichung von der 0-Fläche gemessen werden.

Im vorliegenden Falle ergibt sich — mit abnehmender Wirksamkeit — folgende Rangfolge:

NPKCa - NPK - NP.

Weiterhin bestätigt Tab. 5 das aus Abb. 3 gewonnene Ergebnis, daß das Maximum der Düngewirkung Ende 1968 noch nicht überschritten ist.

In jeder der beiden Versuchsreihen wurde zusätzlich noch eine Spezialfrage untersucht, und zwar

in der Versuchsreihe II 8b² die Frage nach evtl. Unterschieden im Schlußgrad zwischen vollgedüngten und ungedüngten Kulturen,

in der Versuchsreihe II 3c¹ ein Vergleich der Astigkeit bei Ki in unbehandelten und vollgedüngten Parzellen.

Wir erinnern uns, daß nach den Tabellen 3 und 4 die gedüngten Flächen i. d. R. größere Pflanzenzahlen aufweisen als die ungedüngten. Darin allein liegt aber noch kein schlüssiger Beweis, daß die 0-Flächen weniger geschlossen sein müssen, obwohl der aufmerksame Beobachter bereits beim Durchwandern der Kulturversuche diesen Eindruck gewinnt. Um zahlenmäßige Anhalte in dieser Richtung zu gewinnen, haben wir in den zwei NPKCa-Parzellen und den zugehörigen 0-Flächen der Versuchsreihe II 8b² die bis zum Frühjahr 1970 entstandenen Lücken ausgemessen. Als Lücken wurden dabei diejenigen Riefenabschnitte erfaßt, auf denen wenigstens 2 Pflanzen nebeneinander ausgefallen waren. Als Ergebnis finden sich (in dem gezäunten und damit gegen Wildverbiß geschützten Versuch) folgende Werte pro ha:

Unbehandelt (0): Lücken auf 623 lfm Riefen, d. h. bei ca. 6700 lfm Riefenlänge pro ha ein Ausfall-% von 9,3;

NPKCa: Lücken auf 188 lfm Riefen, d. h. bei ca. 6700 lfm Riefenlänge pro ha ein Ausfall-% von 2,8.

Der Unterschied ist eklatant und bestätigt den okularen Eindruck sowie die Befunde von Gussone in Gades (Gussone 1963), daß ungedüngte Kulturen wesentlich lückiger sind als entsprechend gedüngte.

Diese Frage ist für die Qualität des Zukunftsbestandes (Ziel: Ki-Wertholz!) wahrscheinlich von ähnlicher Bedeutung wie die empirisch vielfach unterstellte, aber zahlenmäßig bisher kaum nachgewiesene größere Astigkeit N-gedüngter Ki gegenüber unbehandelten.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen sollte nun mit Hilfe einiger Testmessungen eine zahlenmäßige Vorstellung über Unterschiede der Astzahlen und Aststärken zwischen gedüngt und ungedüngt gewonnen werden, und zwar durch Vergleich der ungedüngten mit den NPK-behandelten Parzellen der Versuchsreihe II 3c¹. Als Weiserzahlen dienen dabei die Zahl der Äste in den Quirlen 1969, 68 und 67 und der mittlere Durchmesser der drei stärksten Äste in diesen Quirlen, unmittelbar am Stämmchen gemessen. Die Ergebnisse der Aufmessung für 260 NPK-gedüngte und 260 ungedüngte Ki sind in Tab. 6 niedergelegt.

Tabelle 6

**Vergleich der Gesamthöhen 1968, Zahl der Äste in den Quirlen 1967, 1968, 1969 und der mittleren Durchmesser der 3 stärksten Äste in diesen Quirlen bei Kiefer in den NPK- und 0-Parzellen der Versuchsreihe II 3c¹ Am Gefleckten**

| | Ges.-h 68 in % 0-Fläche | Zahl der Äste pro Quirl 1969 | 1968 | 1967 | Mittl. Ast-Ø der stärksten Äste (mm) 1969 | 1968 | 1967 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 100 | 5,8 | 6,1 | 5,3 | 5,9 | 7,8 | 7,5 |
| NPK | 127 | 6,9 | 8,0 | 7,0 | 7,0 | 9,1 | 8,9 |

Zunächst ist dabei zu überprüfen, ob das für diese Untersuchung ausgewählte Teilkollektiv dem Flächendurchschnitt ungefähr entspricht. Als Maß dafür sei die Gesamthöhe nach Abschluß der Vegetationszeit 1968 herangezogen:

Durch Vergleich der entsprechenden Angaben in den Tabellen 3 und 6 können wir eine befriedigende Übereinstimmung feststellen, indem die NPK-Flächen praktisch übereinstimmende Relativhöhen aufweisen (128% als Flächendurchschnitt in Tab. 3, 127% als Mittel des Teilkollektivs in Tab. 6).

Aus den Angaben der Tab. 6 läßt sich nun eindeutig ablesen, daß sowohl die Zahl der Äste als auch die mittlere Aststärke der 3 dicksten Äste pro Quirl in der vollgedüngten NPK-Kultur im Flächendurchschnitt deutlich höher liegen, als in der unbehandelten Vergleichsfläche. In den untersuchten Einzeljahren finden sich diesbezügl. nur graduelle, aber keine prinzipiellen Unterschiede. Wir wollen daher die ermittelten Astzahlen und Aststärken der Jahre 1967 - 69 zusammenfassen und die Meßergebnisse im Hinblick auf die sehr unterschiedliche Höhengliederung der gedüngten und ungedüngten Parzellen nach 20-cm-Höhenstufen stratifizieren (vergl. Tab. 7).

Tabelle 7

**Astzahlen und mittlerer Durchmesser der 3 stärksten Äste in den Quirlen 1967 - 1969 bei Kiefer der 0- und NPK-Parzellen der Versuchsreihe II 3c¹, getrennt nach Höhenstufen**

| Höhenstufe | 0 = ungedüngt n | Zahl d. Äste | Mittl. Ø mm | NPK n | Zahl d. Äste | Mittl. Ø mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ≦ 80 | 17 | 11,0 | 3,8 | 3 | 12,7 | 3,5 |
| 81 - 100 | 45 | 14,1 | 4,9 | 10 | 15,5 | 3,8 |
| 101 - 120 | 48 | 15,9 | 5,8 | 22 | 18,0 | 5,4 |
| 121 - 140 | 61 | 16,8 | 7,2 | 33 | 19,7 | 6,6 |
| 141 - 160 | 42 | 19,0 | 8,7 | 55 | 21,1 | 7,6 |
| 161 - 180 | 24 | 21,0 | 9,5 | 40 | 22,1 | 8,4 |
| 181 - 200 | 14 | 23,7 | 10,3 | 52 | 24,5 | 9,9 |
| 200 + | 9 | 25,2 | 11,5 | 45 | 26,1 | 11,5 |
| | Σ 260 | i.D. 17,2 | i.D. 7,1 | Σ 260 | i.D. 22,1 | i.D. 8,4 |

Nun zeigt sich, daß eine deutliche Beziehung zwischen Höhe, Astzahl und Aststärke besteht, wobei mit zunehmender Höhe auch die Zahl der Äste in den Quirlen 1967 - 69 und der mittlere Durchmesser der 3 stärksten Äste je Quirl deutlich ansteigen. Dies gilt sowohl für die 0-Flächen als auch für die vollgedüngten Parzellen.

Vergleichen wir nun 0 und NPK innerhalb der gleichen Höhenstufen, so ist zwar die Zahl der Äste bei den gedüngten Kiefern etwas größer als in der unbehandelten Kultur, hinsichtlich der Aststärken ist jedoch eine Umkehr der Verhältnisse anzutreffen. Bei gleicher Höhe hat nun die 0-Fläche bis zu einer Höhe von 200 cm etwas größere mittlere Durchmesser der drei stärksten Äste, und erst bei Höhen über 200 cm ist kein Unterschied mehr feststellbar. Dies dürfte auf die unterschiedliche Höhenstruktur von erfolgreich gedüngten und ungedüngten Kulturen zurückzuführen sein, denn soziologisch, d. h. gegenüber der Nachbarschaft, steht eine bestimmte Höhenstufe in der NPK-Fläche niedriger als in der durchschnittlich geringere Höhen aufweisenden 0-Parzelle.

Entsprechend dem unterschiedlichen Höhenaufbau ergibt sich — wie die letzte Zeile der Tab. 7 nochmals deutlich zeigt — im Bestandesdurchschnitt jedoch für die NPK-Fläche nicht nur eine höhere Astzahl sondern auch ein deutlich größerer Aststärken-Index als in der 0-Fläche. Die Differenzen zwischen NPK und 0 sind hochsignifikant (P = 0,001).

Fassen wir unsere vorläufigen Ergebnisse über die gewählten Indexwerte für Astzahlen und Aststärken bei Ki zusammen:

1. Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Gesamthöhe, den Astzahlen in den Quirlen der 3 letzten Jahre und der mittleren Stärke der 3 dicksten Äste pro Quirl.
   Mit zunehmender Höhe nehmen — biologisch leicht erklärbar — auch Astzahlen und Aststärken zu.
2. Bei gleicher Höhe weisen die Kiefern der vollgedüngten Flächen im Durchschnitt zwar etwas größere Astzahlen, jedoch kleinere oder gleichgroße mittlere Aststärken auf.
3. Im Flächendurchschnitt sind — entsprechend der besseren Höhenentwicklung — die Zahl der Äste 1967 - 69 und die mittlere Stärke der 3 dicksten Äste pro Quirl im gleichen Beobachtungszeitraum bei der Ki der vollgedüngten Kulturen signifikant höher als in den unbehandelten Vergleichsflächen.

### *2. Bodenkundliche Ergebnisse*

Die Ergebnisse der im Herbst 1968 durchgeführten Bodenkontrolluntersuchungen sind in Tab. 8 als Mittelwerte der Wiederholungen angegeben. Daraus läßt sich für die angewandten Düngerkombinationen folgendes ablesen:

1. Der Rohhumusabbau (vergl. Spalte „organische Substanz" in den Balken) ist durch die Düngung in allen Fällen gefördert worden. Das dort anzutreffende C:N-Verhältnis hat sich jedoch bisher noch nicht wesentlich geändert, während der $P_H$-Wert nur im Falle der NPKCa-Düngung (Balken) deutlich positiv beeinflußt wurde.
2. Die NP-Düngung (Harnstoff + Hyperphos) bewirkte eine ± deutliche Erhöhung der pflanzenverfügbaren Nährstoffe (Zitronensäureauszug) und der Nährstoffreserven (HCl-Auszug) bei Ca, Mg und P, und zwar sowohl in den Riefen als auch in den Balken. Gleichzeitig ist eine Depression der K-Werte eingetreten, also eine ähnliche Erscheinung wie wir sie auch in einem Ki-Altholz bei einer reinen Harnstoffdüngung feststellen konnten (Kern-Lanz-Moll 1970).
3. Die NPK-Düngung (Harnstoff + Hyperphos + Patentkali) sowie die NPKCa-Behandlung (Nitrophoska-blau-extra + Kalkmergel) haben hinsichtlich Ca, Mg und P im allgemeinen gleichgerichtete Veränderungen wie die NP-Gabe bewirkt. Durch die zugeführten K-Mengen sind dort allerdings keine Depressionserscheinungen sondern deutlich Anstiege bei diesem Nährstoff zu beobachten, und zwar sowohl im pflanzenverfügbaren Bereich als auch bei den Nährstoffreserven.

### *3. Ergebnisse der Nadeluntersuchungen*

Zur Erfolgskontrolle wurde an Pflanzen aller Parzellen im Herbst 1968 eine Volluntersuchung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung dienen im Nachfolgenden als Diskussionsbasis. (In geringerem Umfange wurde an einem Teil der Parzellen 1967 eine erste Kontrolluntersuchung und 1969 eine Nachuntersuchung durchgeführt, deren wesentliche Ergebnisse aus Raummangel jedoch nur nachrichtlich mitgeteilt werden können).

Die Originalwerte der Nährelementbestimmung 1968 sind (als Mittel aus je 2 bzw. 3 Parzellen) in Tab. 9 oben und die Änderungsprozentsätze der Konzentrationen gegenüber den 0-Parzellen in der gleichen Tabelle (9) unten wiedergegeben.

Tabelle 8

**Ergebnisse der Bodenanalysen bei der Kontrolluntersuchung 1968 in den Versuchsreihen II $3c^1$ und II $8b^2$**

| Behandlung | | Tiefe cm | pH (KCl) | C % | org. Substanz % | N % | C:N | 1 % Zitronensäure mg/100 g Boden Ca | Mg | K | P | 3 % HCl mg/100 g Boden Ca | Mg | K | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **II $3c^1$ Am Gefleckten** | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Balken | 0 - 15 | 3,1 | 21,4 | 42,8 | 0,69 | 31 | 39,2 | 17,2 | 7,2 | 4,6 | 83,8 | 45,0 | 12,5 | 37,5 |
| 0 | Riefen | 0 - 15 | 3,3 | 2,7 | 5,4 | 0,09 | 30 | 1,2 | 13,2 | 5,2 | 3,3 | 45,0 | 32,5 | 12,5 | 30,6 |
| NP (Harnstoff + | Balken | 0 - 15 | 3,2 | 14,5 | 29,0 | 0,42 | 35 | 64,0 | 24,4 | 5,6 | 12,2 | 88,8 | 50,0 | 10,0 | 43,8 |
| Hyperphos) | Riefen | 0 - 15 | 3,2 | 2,3 | 4,6 | 0,10 | 23 | 3,6 | 19,2 | 4,6 | 4,8 | 75,0 | 75,0 | 12,0 | 31,3 |
| NPK (Harnstoff + | Balken | 0 - 15 | 3,4 | 12,0 | 24,0 | 0,40 | 30 | 71,2 | 28,8 | 10,4 | 14,2 | 156,3 | 75,0 | 19,5 | 45,6 |
| Hyperphos + Patentkali | Riefen | 0 - 15 | 3,2 | 2,7 | 5,4 | 0,10 | 27 | 3,2 | 24,4 | 5,6 | 6,5 | 115,0 | 150,0 | 15,5 | 30,0 |
| **II $8b^2$ Kohlplatz** | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Balken | 0 - 15 | 3,1 | 13,0 | 26,0 | 0,46 | 28 | 36,8 | 12,8 | 4,8 | 9,6 | 109,0 | 25,0 | 7,5 | 41,9 |
| 0 | Riefen | 0 - 15 | 3,1 | 2,0 | 4,0 | 0,08 | 25 | 2,8 | 6,0 | 3,6 | 4,8 | 30,0 | 12,5 | 10,0 | 20,0 |
| NPKCa (Nitro- | Balken | 0 - 15 | 5,0 | 11,9 | 23,8 | 0,48 | 25 | 336,2 | 115,2 | 15,2 | 30,0 | 348,8 | 125,0 | 17,5 | 52,5 |
| phoska blau extra + Kalkmergel) | Riefen | 0 - 15 | 3,1 | 2,0 | 4,0 | 0,08 | 25 | 2,8 | 8,0 | 7,6 | 6,0 | 57,5 | 13,5 | 17,5 | 28,8 |

**Tabelle 9**
**Die Ergebnisse der Nadelanalysen (1968)**

| VR | Düngung | Gewicht von 1000 Nadeln frisch g | Gewicht von 1000 Nadeln trock. g | Vol. von 1000 Nadeln frisch ml | Vol. von 1000 Nadeln trock. ml | Volumengewicht | Aschengewicht % | Elementgehalt in % Trockensubstanz: C:N | $C_t$ | $N_t$ | $N_{NO3}$ | P | Ca | Mg | K | Na | Mn | Fe | Al |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| II 3c[1] | 0 | 28,9 | 12,6 | 31,2 | 16,5 | 1,31 | 2,14 | 33 | 53,6 | 1,66 | 0,022 | 0,106 | 0,327 | 0,064 | 0,599 | 0,014 | 0,086 | 0,060 | 0,024 |
| | NP (Harnstoff + Hyperphos) | 32,0 | 14,7 | 36,4 | 18,6 | 1,26 | 2,24 | 34 | 53,4 | 1,55 | 0,020 | 0,146 | 0,342 | 0,077 | 0,585 | 0,022 | 0,077 | 0,052 | 0,017 |
| | NPK (Harnstoff + Hyperphos + Patentkali) | 42,0 | 16,7 | 46,0 | 22,2 | 1,33 | 2,35 | 31 | 53,9 | 1,73 | 0,023 | 0,145 | 0,369 | 0,122 | 0,647 | 0,012 | 0,081 | 0,055 | 0,022 |
| II 8b[2] | 0 | 26,2 | 11,4 | 27,7 | 14,7 | 1,29 | 2,27 | 32 | 56,0 | 1,78 | 0,025 | 0,117 | 0,308 | 0,093 | 0,565 | 0,029 | 0,089 | 0,060 | 0,020 |
| | NPKCa (Nitrophoska blau extra + Kalkmergel) | 45,0 | 18,6 | 47,8 | 21,8 | 1,17 | 2,40 | 25 | 55,1 | 2,20 | 0,027 | 0,157 | 0,368 | 0,145 | 0,626 | 0,020 | 0,077 | 0,053 | 0,018 |
| | Prozentuale Änderung gegenüber 0-Parzellen (= 100) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II 3c[1] | NP | + 11 | + 17 | + 17 | + 13 | — 4 | + 5 | | 0 | — 7 | — 9 | + 38 | + 5 | + 20 | — 2 | + 57 | — 10 | — 13 | — 29 |
| | NPK | + 45 | + 33 | + 48 | + 35 | + 2 | + 10 | | + 1 | + 4 | + 5 | + 37 | + 13 | + 91 | + 8 | — 14 | — 6 | — 8 | — 9 |
| II 8b[2] | NPKCa | + 72 | + 63 | + 73 | + 48 | — 9 | + 6 | | — 2 | + 24 | + 8 | + 34 | + 19 | + 56 | + 11 | — 31 | — 13 | — 12 | — 10 |

Die Unterschiede zwischen den jeweils gleichbehandelten Wiederholungsparzellen (0, NP, NPK, NPKCa) waren meist so geringfügig, daß — ähnlich wie bei den ertragskundlichen Daten (Tab. 3 u. 4) — eine Zusammenfassung zu gemeinsamen Mittelwerten sinnvoll erschien. Die bei der Besprechung von Abb. 2 und Tab. 4 erwähnte geringfügige Standortsverschlechterung mit abnehmender Geländehöhe findet jedoch auch in den nadelanalytischen Werten ihren Niederschlag (z. B. $N_t$% der 0-Flächen 1968 VR II 3c[1] oben: 1,74 Mitte: 1,66 unten: 1,57).

Zur Beurteilung des Ernährungszustandes von Ki auf der Basis von Nadelanalysen kann nach BAULE und FRANZ (1966), BAULE u. FRICKER (1967), CZERNEY u. FIEDLER (1969), VAN GOOR (1961), GUSSONE (1964), KRAUSS (1962), STONE u. WILL (1963), WEHRMANN (1961, 1963a u. b), WITTICH (1958b), ZÖTTL u. KENNEL (1962) von folgenden Rahmenwerten ausgegangen werden:

Nährelementkonzentration in % Trockensubstanz:

| | N | P | K | Ca |
|---|---|---|---|---|
| Mangel | 0,7 – 1,5 | 0,05 – 0,13 | 0,12 – 0,40 | 0,05 – 0,20 |
| Optimum | 1,8 – 3,2 | 0,18 – 0,30 | 0,50 – 0,90 | 0,24 – 0,42 |
| | Mg | Mn | Fe | |
| Mangel | 0,04 – 0,09 | 0,005 – 0,009 | 0,005 – 0,01 | |
| Optimum | 0,11 – 0,36 | 0,03 – 0,05 | > 0,05 | |

Zunächst zur VR II 3c[1] Am Gefleckten:

Die N-Konzentration der 0-Parzellen lag mit 1,66% zwischen Mangel- und Optimumbereich, die P-Konzentration mit rd. 0,11% im Mangelbereich. Die Mg-Versorgung war mit 0,06% mäßig. Im Optimumbereich lagen die Ca-, K und Fe-Konzentrationen; Mn lag sogar noch über den in der Literatur angegebenen Optimalwerten.

Die *Harnstoff + Hyperphosdüngung* führte zu einer Verminderung der N-Konzentration in den Nadeln. Die ermittelten Werte lagen mit 1,55% knapp oberhalb des Mangelbereiches. Die P-Versorgung wurde nachhaltig verbessert (0,15%). Die Mg-Konzentration erhöhte sich ebenfalls, und zwar auf 0,08%; sie kam jedoch aus dem Mangelbereich nicht heraus. Die optimale Versorgung mit den Elementen Ca, K, Mn und Fe änderte sich nicht.

Durch die *Harnstoff + Hyperphos + Patentkalidüngung* wurde der N-Gehalt in den Nadeln geringfügig erhöht (auf 1,73%). Die Magnesiumkonzentration (0,12%) wurde in den Optimalbereich verschoben. Die P-Spiegelwerte änderten sich im Vergleich zur Harnstoffdüngung ohne KMg-Zusatz nur geringfügig. Die optimale Konzentration von Ca, K, Mn und Fe blieb erhalten.

Für die Versuchsreihe II 8b[2] ergibt sich:

In den 0-Parzellen lag die N-Konzentration mit 1,78% bereits oberhalb des Mangelbereichs. Die P-Versorgung war unzureichend (0,12%), und der Mg-Gehalt war mäßig (0,09%). Die Gehalte an Ca, K, Mn und Fe waren voll ausreichend.

Durch die NPKCa-Düngung (*Nitrophoska + Kalkmergel*) wurde der N-Vorrat in den Nadeln auf optimale Werte gesteigert (2,20%). Die P- (0,16%) und Mg-Gehalte (0,15%) wurden ebenfalls ausreichend angehoben. An der optimalen Versorgung mit den übrigen Elementen änderte sich nichts.

Vergleichen wir die 1968 gefundenen Nährelementkonzentrationen — soweit möglich — mit den entsprechenden Werten der wärmeren und trockeneren Jahre 1967 und 1969, so fällt folgendes auf: Im besonders niederschlagsreichen und kühlen Jahr 1968 sind gegenüber 1967 und 1969 die Gehalte an P, Ca und Mg deutlich niedriger. Im Gegensatz dazu findet sich bei Mn und Fe in diesem Jahr das Konzentrationsmaximum. Bei den übrigen Nährelementen lassen sich hingegen keine eindeutigen Änderungstendenzen feststellen. Ungedüngte und gedüngte Kiefern unterscheiden sich diesbezüglich im allg. nur hinsichtlich des Konzentrationsniveaus in der Blattmasse, nicht jedoch im Hinblick auf die positive oder negative Speichertendenz der einzelnen Nährelemente in den verschiedenen Jahren.

Einen raschen Überblick über den Einfluß der angewandten Düngerkombinationen auf die Nadelbeschaffenheit der Kiefer erlaubt — für 1968 — der untere Teil der Tab. 9. Dort finden sich die Düngeeffekte als positive oder negative prozentuale Abweichungen von den unbehandelten 0-Flächenwerten, die gleich 100 gesetzt sind. Vorläufig zeichnen sich folgende Ergebnisse ab:

1. Nadelgewicht und Nadelvolumen sind durch die Düngung positiv verändert worden, wobei die Wirkung von NP über NPK zu NPKCa deutlich zunimmt (z. B. beim Trockengewicht von 1000 Nadeln gegenüber 0 + 17% bei NP, + 33% bei NPK und + 63% bei NPKCa).
2. Die NP-Düngung (Harnstoff + Hyperphos) hat — gegenüber unbehandelt — das Aschengewicht (+ 5%) sowie den Gehalt an P (+ 38%), Ca (+ 5%), Mg (+ 20%) und Na (+ 57%) positiv, die übrigen Nährelemente (also auch N und K) negativ beeinflußt.
3. Die zusätzliche KMg-Gabe bei den NPK-Parzellen hat — gegenüber NP — u. a. eine weitere Erhöhung des Aschengewichts sowie höhere Elementkonzentrationen bei N, Ca, Mg und K bewirkt, während der Na-Gehalt unter den 0-Flächenwert abgesunken ist.
4. Die NPKCa-Düngung (Nitrophoska-blau-extra + Kalkmergel) weist — von den hier erprobten Düngerkombinationen — den stärksten positiven Einfluß auf N-, Ca- und K-Gehalte auf, während sich die P-Konzentration kaum von den beiden anderen Düngevarianten unterscheidet.

Die *Umrechnung auf ein einheitliches Trockenvolumen* (100 ml) als Bezugsbasis brachte gegenüber dem Bezug auf % Trockensubstanz folgendes Ergebnis:

Die Änderungstendenzen bei $N_t$, $N_{NO_3}$, P, Ca, Mg, Na und Al bleiben erhalten. Das P-Konzentrationsmaximum in den Proben der Harnstoff-Flächen ohne KMg-Zusatz wird deutlicher angezeigt; abgeschwächt dagegen die Anzeige des K-Minimums in den gleichen Proben, während die Fe- und Mn-Minima nicht mehr ausgewiesen werden. Bei den Kohlenstoffgehalten ändert sich das Analysenbild dahingehend, daß für die Proben der Harnstoff + KMg-Parzellen nun stets der geringste C-Gehalt angezeigt wird.

Die *Umrechnung auf eine einheitliche Nadelzahl* zeigt zunächst, daß die auf 100 g Trockensubstanz entfallende Anzahl der Nadeln entsprechend der steigenden Düngerwirkung abnimmt, als umgekehrt proportionaler Ausdruck der Längen-, Volumen- und Gewichtszunahme.

Gegenüber dem auf % Trockensubstanz bezogenen Analysenbild ergeben sich bei den Nährelementen folgende Änderungen: Die in Tab. 9 auftretende Abnahme der Stickstoffvorräte nach Harnstoffdüngung ohne KMg wird nicht mehr angezeigt. Das Maximum der P-Konzentration und das Minimum der K-Konzentration sowie des C-Gehaltes in den Proben der Harnstoffdüngung ohne KMg-Gabe wird gleichfalls nicht mehr angezeigt. Die P- und K-Gehalte steigen kontinuierlich an.

Bei den übrigen Elementen des Harnstoffversuchs und beim NPK-Versuch bleibt die sich bei Bezug auf %-Trockensubstanz ergebende Tendenz der Konzentrationsänderungen weitgehend erhalten.

### *4. Vergleich der ertragskundlichen, bodenkundlichen und nadelanalytischen Untersuchungen*

An Hand einiger Kennwerte wollen wir nun die Ergebnisse der ertragskundlichen, bodenkundlichen und nadelanalytischen Untersuchungen einander gegenüberstellen. In Tab. 10 sind daher — als prozentuale Abweichungen von den betreffenden 0-Flächenwerten — für die hier angewandten Düngerkombinationen Höhe und Stärke von Ki und Bu ziffernmäßig aufgeführt; daneben — mit in der Legende erläuterten Symbolzeichen — die gegenüber unbehandelt beobachteten Änderungstendenzen einiger ausgewählter Boden- und Nadelwerte. Wir haben in diesem Falle bewußt auf Zahlenangaben verzichtet, da eine genauere quantitative Bewertung vorläufig noch Schwierigkeiten bereitet.

Tabelle 10
**Vergleich der ertragskundlichen bodenkundlichen und nadelanalytischen Untersuchungen**
Änderungen gegenüber 0-Flächen (in % der 0-Flächenwerte)

| Versuchsreihe Behandlung | | Ertragskundliche Ergebnisse | | Bodenkundliche Ergebnisse (Mittel aus Riefen + Balken) | | | | | Nadelanalytische Ergebnisse (Ki.) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h | d | PH (KCl) | P (pflanzenverfügbar) | K (pflanzenverfügbar) | Ca (pflanzenverfügbar) | Mg | Gewicht 1000 Nadeln | Vol. 1000 Nadeln | $N_t$ | P | K | Ca | Mg |
| II 3c[1] | | | | | | | | | | | | | | | |
| NP (Harnstoff + Hyperphos) | Ki<br>Bu | + 24<br>+ 33 | + 35<br>+ 17 | 0 | ++ | — | ++ | + | + | + | (—) | + | (—) | (+) | + |
| NPK (Harnstoff + Hyperphos + Patentkali) | Ki<br>Bu | + 28<br>+ 37 | + 41<br>+ 17 | (+) | ++ | + | ++ | ++ | + | + | (+) | + | (+) | + | ++ |
| II 8b[2] | | | | | | | | | | | | | | | |
| NPKCa (Nitrophoska blau extra + Kalkmergel) | Ki<br>Bu | + 36<br>+ 96 | + 31<br>+ 60 | + | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + | + | + | ++ |

Positive Änderungen gegenüber 0:
(+) bis 10 %
\+ 11 – 50 %
++ > 50 %

Negative Änderungen gegenüber 0:
(—) bis 10 %
— 11 – 50 %
—— > 50 %

Zunächst ist festzustellen, daß die vor Versuchsbeginn durchgeführten Boden- und Nadelanalysen zu erfolgreichen Düngeempfehlungen geführt haben, denn alle drei Düngevarianten lassen deutliche Höhen- und Stärkenzuwachssteigerungen erkennen.

Im Detail zeigt sich folgendes:
Die *Harnstoff + Hyperphos*düngung, die i. D. bisher bei Ki zu 24 % größeren Gesamthöhen und 35 % stärkerem Dickenwachstum, bei Bu zu 33 % größeren Gesamthöhen jedoch nur zu 17 % stärkerem Dickenwachstum gegenüber 0 führte, bewirkte im Boden eine deutliche Konzentrationserhöhung an pflanzenverfügbarem P, Ca und Mg. Auch in den Nadeln konnten diese Elemente verstärkt beobachtet werden, während bei $N_t$ und K eine schwache Depression auftrat. Eine K-Depression ließ außerdem auch die Bodenanalyse erkennen, und wir erinnern uns, bei einer Harnstoffdüngung in einem Ki-Altholz ähnliches festgestellt zu haben (Kern-Lanz-Moll 1970).

Die NPK-Düngung (*Harnstoff + Hyperphos + Patentkali*), die gegenüber NP etwas höhere Zuwachsleistungen bei Ki und Bu (h) bewirkte, zeigt diese Depressionserscheinungen bei K (Boden- und Nadelanalysen) und $N_t$ (Nadelanalysen) hingegen nicht mehr. Die entsprechenden Werte lassen dort vielmehr einen leichten Anstieg erkennen. Nadelgewicht und -volumen haben sich — ebenso wie $N_t$ — gegenüber den 0-Flächen deutlich positiv verändert.

Die NPKCa-Gabe (*Nitrophoska blau-extra + Kalkmergel*) hat schließlich — mit Ausnahme des Dickenwachstums bei Ki — die größten Zuwachssteigerungen bewirkt, insbes. bei Bu. Die aufgeführten boden- und nadelanalytischen Daten lassen als Auswirkung dieser Düngerkombination ebenfalls besonders positive Ausschläge erkennen, wobei die deutliche pH-Verbesserung (im Balken) wahrscheinlich speziell der Bu zugute kommt.

Die ertragskundlichen, boden- und nadelanalytischen Ergebnisse stimmen also darin überein, daß auf unseren streugenutzten Buntsandsteinböden für Ki offensichtlich die NP-Komponente die entscheidende Zuwachssteigerung bewirkt, die anspruchsvollere, kalkfreundliche Buche hingegen zum optimalen Gedeihen auf Ca-Gaben nicht verzichten kann. Zusätzliche Kaligaben schlagen sich — gegenüber der NP-Düngung — weniger in einer Verstärkung des Höhen- und Stärkenzuwachses als vielmehr in geringeren Ausfallprozenten bei Ki und Bu (Tab. 3) sowie in der Verbesserung einiger boden- und nadelanalytischer Werte nieder (Tab. 10).

### 5. *Sonstige Beobachtungen*

Bereits zwei Jahre nach der Düngung konnte auf den NP-, NPK- und NPKCa-Parzellen eine deutliche Veränderung der Bodenflora beobachtet werden. Die auf den 0-Flächen im wesentlichen aus Beerkraut (Vaccinium myrt.), Heide (Calluna vulg.), Drahtschmiele (Deschampsia flex.) und Birke (Betula verr.) bestehende „Unkraut"-Vegetation wurde nämlich auf den gedüngten Parzellen durch starkes Auftreten von Weidenröschen (Epilobium spec.) und Salweide (Salix caprea) bereichert.

Sowohl diese Neuankömmlinge als auch die durch die Düngung erhöhte Vitalität der Birke verursachten im 2. und 3. Jahr nach der Düngung einen erhöhten Pflegeaufwand.

Während nämlich auf den unbehandelten Kulturteilen, insbesondere zur Beseitigung angeflogener Birken, in dieser Zeitspanne pro ha im Rahmen eines Arbeitsganges rund 9 weibl. Arbeitsstunden aufgewandt werden mußten, war in den gedüngten Parzellen zweimaliges Ausschneiden zur Dezimierung von Birke, Salweide und Weidenröschen mit einem Arbeitsaufwand von ca. 2 x 12 weiblichen Arbeitsstunden notwendig. Im 4. Jahr nach der Düngung konnte auf Pflegemaßnahmen verzichtet werden; im 5. Jahr war nochmals ein Arbeitsgang mit ca. 8 Stunden pro ha in den gedüngten Parzellen mit rd. 6 Std. pro ha im ungedüngten Teil notwendig. Damit dürfte allerdings in den geschlossenen Düngungsflächen die Jungwuchspflege beendet sein, während in den lückigen 0-Parzellen sicherlich noch 1 bis 2 Arbeitsgänge notwendig werden.

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang noch die Tatsache, daß im 2. und 3. Jahr nach der Düngung — wohl als Folge der üppig gedeihenden Bodenflora und der dadurch veränderten kleinklimatischen Verhältnisse — in den gedüngten Kulturen ein okular deutlich erkennbarer Schüttebefall auftrat, der in den unbehandelten Flächen nicht zu beobachten war (ähnlich Dittmar 1953). Durch rechtzeitige Pflegemaßnahmen dürfte sich jedoch künftig eine solche Gefährdung vermeiden lassen. Außerdem haben nach den Beobachtungen von Zöttl und Jung (1964) guternährte Jungkiefern schüttebedingte Nadelverluste relativ rasch überwunden.

(Fortsetzung in Teil B)

# Anatomisch-histologische Untersuchungen im Bereich der Astabzweigung bei Nadel- und Laubbäumen

## III. Die Abzweigungsverhältnisse bei Quercus robur L. und Populus Sektion Aigeiros

Aus dem Institut für Biologische Holzforschung der Forstlichen Fakultät der Universität Freiburg i. Br.,

(Mit 12 Abbildungen und 1 Tabelle)

Von DIETRICH BÖHLMANN

### Einleitung

Die Eiche gehört neben der Pappel zu den bekanntesten, jedoch relativ seltenen angiospermen Baumarten, die aufgrund besonderer anatomischer und histologischer Gegebenheiten und einer speziellen Differenzierung im Abzweigungsbereich befähigt sind, ihre Seitenachsen durch Ausbildung einer Trennschicht abzugliedern.

Uns interessierten im Rahmen der vergleichenden Untersuchung des Abzweigungsbereiches der Nadel- und Laubbäume aber vor allem die anatomisch-histologischen Verhältnisse dieses Bereiches und erst in zweiter Linie die zum Absprung führende Ausbildung einer Trennschicht.

Der letztere Aspekt wurde auch erst vor kurzem von HÖSTER et al. (1968) für die Pappel ausführlich untersucht und beschrieben.

Beide Holzarten können zwar grundsätzlich dem gleichen Abzweigungstyp zugeordnet werden, unterscheiden sich jedoch in einigen wichtigen histologischen Gegebenheiten und folglich in einer etwas voneinander abweichenden Gestaltung des Abzweigungsbereiches. Interessante Aufschlüsse lieferten vor allem die cytochemischen Untersuchungen des Abzweigungsbereiches.

### Material und Methoden

siehe 1. Veröffentlichung

### Ergebnisse

Die Eiche verfügt im Abzweigungsbereich über besondere anatomisch-histologische Verhältnisse, die es ihr z. B. ermöglichen, die Seitenachse abzugliedern. Zu diesen besonderen anatomischen Gegebenheiten gehört eine Zerlegung des in den Ast ziehenden Holz- und Baststranges in einzelne Segmente (Abb. 1) und zu den histologischen Besonderheiten die starke Durchsetzung des Abzweigungsbereiches mit parenchymatischen Geweben.

Eine Betrachtung der Querschnittserie (Abb. 1) durch den Abzweigungsbereich der Eiche läßt folgende anatomische Merkmale erkennen: In einer Entfernung von ca. 3 cm (Schnitt 1) vom Astabgang ist der Holz- und Bastring des Astes noch geschlossen. Unmittelbar vor dem eigentlichen Verzweigungsbereich (Schnitt 2) ist eine Untergliederung erkennbar. Eine sich fortsetzende Untergliederung zerlegt den Bast- und Holzmantel in viele einzelne Segmente (Schnitt 3, vergl. auch Abb. 10). Nach Öffnung des Bast- und Holzmantels der sich annähernden Träger- und Seitenachsen (Schnitt 3 und 4) werden die Segmente scheibchenweise in die Trägerachse eingegliedert (Schnitt 5 - 7). Zum Schluß werden die Blattspuren des Tragblattes in das Nodium einbezogen und der Holz- und Bastmantel der Trägerachse geschlossen (Schnitt 7 u. 8).

In einem Sagittalschnitt (Abb. 2) werden diese Segmente angeschnitten und erscheinen als einzelne, den Abzweigungsbereich durchziehende Stränge. Sie bestehen aus Gefäßen, Tracheiden und Strangparenchym.

Das Holzfasergrundgewebe des internodialen Holzes fehlt in den Segmenten des zentralen Abzweigungsbereiches. Seinen Platz nimmt ein stark vermehrtes Strangparenchym ein, welches hier

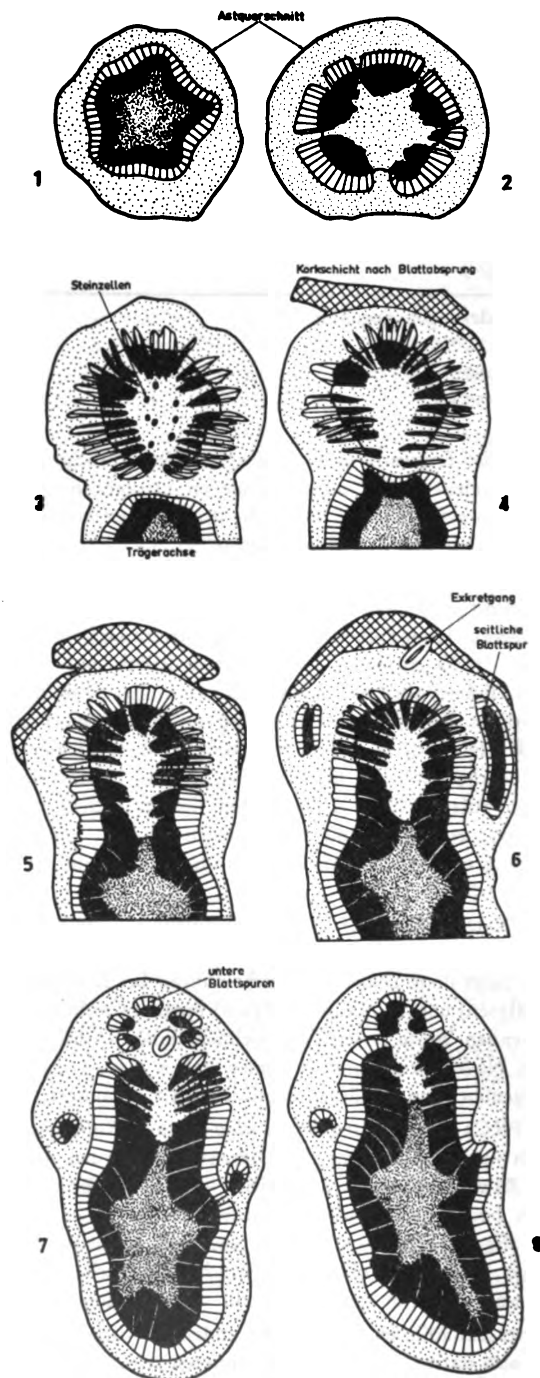



Abb. 1
Quercus robur. Querschnittserie vom Ast her durch den Abzweigungsbereich. Nähere Beschreibung erfolgt im Text.
Schwarz = Holz, gestrichelt = Bast, gepunktet = Rinden- und Markparenchym ohne Stärke, fein gepunktet = Markparenchym mit Stärke.

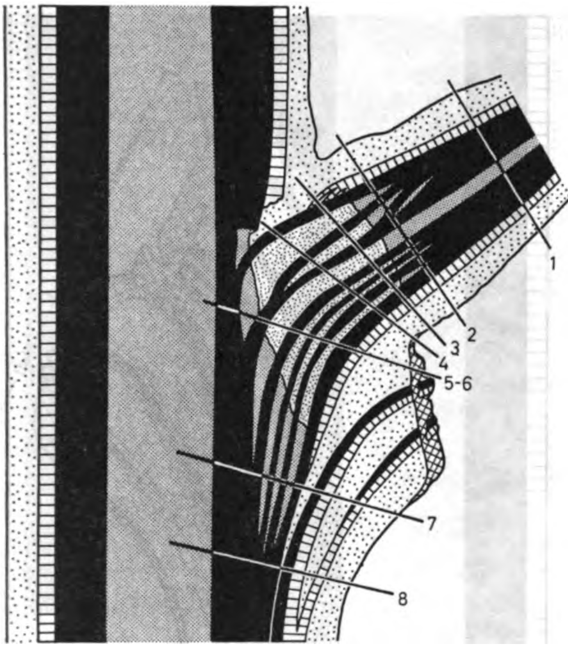



Abb. 2
Quercus robur. Sagittalschnitt durch den Abzweigungsbereich. Die Striche 1 - 8 bezeichnen die in Abb. 1 wiedergegebenen Querschnitte.
Schwarz = Holz, gestrichelt = Bast, grob punktiert = Rinde, fein gepunktet = parenchymatische Gewebe ohne Stärke im zentralen Abzweigungsbereich, Rasterpunktung = Parenchym mit Stärke, verholzt.

praktisch das Grundgewebe bildet (Abb. 3). In diesem prosenchymatischen Parenchym sind die in die Seitenachse ziehenden Gefäße und Tracheiden eingebettet.

Das gesamte, den Abzweigungsbereich durchsetzende, allgemein stark vermehrte Parenchym, zu dem das Strang-, Strahlen- und Markparenchym zu rechnen ist, weist eine zonal gegliederte histologische und physiologische Differenzierung auf: Das gesamte *Parenchym des zentralen Teils* des Abzweigungsbereiches (Abb. 2) *speichert nie Stärke* (Abb. 4.2). Seine *dünnwandigen Zellwände* bleiben im Gegensatz zu den diesen Bereich durchziehenden Gefäßen und Tracheiden *stets unverholzt* (Abb. 4.1). Das Parenchym dieser Zone — das sei besonders hervorgehoben — zeichnet sich außerdem durch eine *hohe Phosphataseaktivität* aus (Abb. 4.3).

Die *parenchymatischen Gewebe im Anfangsteil* der Abzweigungszone, wo die Ausgliederung der Segmente aus der Trägerachse erfolgt (untere Randzone der Abb. 2) und *im Endteil*, wo die Segmente sich wieder zur geschlossenen Achse des Astes formieren (obere Randzone in der Abb. 2), *speichern dagegen Stärke*. Hier *verholzt* das *dickwandigere* Parenchym (vergl. auch Abb. 6) auch wieder und es stellen sich auch *wieder Holzfasern* ein.

Interessant ist, daß regelmäßig einzelne Zellen des parenchymatischen Grundgewebes innerhalb der Segmente, vor allem im ersten Jahresring, zu Steinzellen auswachsen können. Diese Sklereiden können die Durchmessergrößen der diesen Abzweigungsbereich durchziehenden Gefäße erreichen. In der gesichteten Literatur wurde einer derartige Erscheinung noch nicht beschrieben.

Auch im oberen Teil des unverholzten zentralen *Markes*, das im übrigen im Abzweigungsbereich stark aufgebläht erscheint, finden sich zerstreut aus dem Markparenchym hervorgegangene Steinzellen (siehe Abb. 1, Schnitt 3). Daneben sind hier viele Parenchymzellen mit Gerbstoffen gefüllt oder enthalten Oxalatdrusen. Unmittelbar unter dieser Zone, das sei hier eingefügt, kann, sofern der Ast abgegliedert wird, die Ausbildung der *Separationsschicht* erfolgen (Abb. 5).

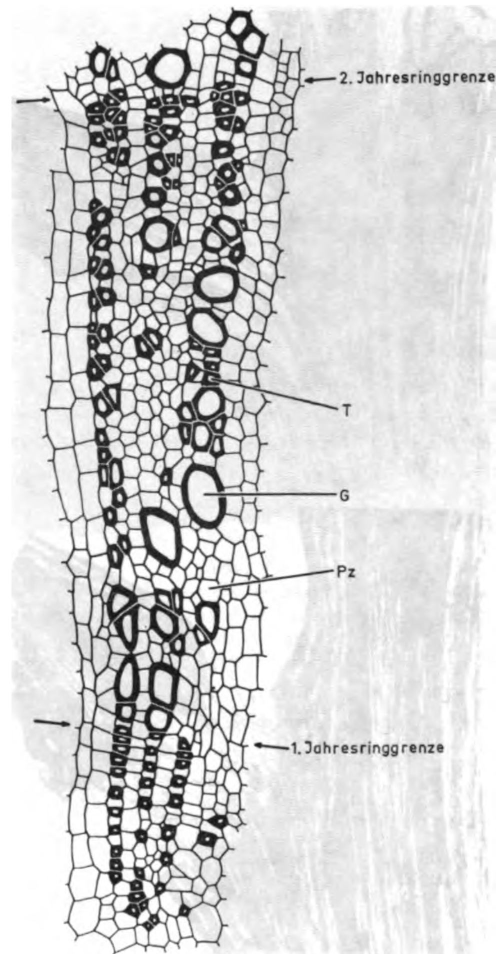



Abb. 3
Segmentausschnitt aus dem Abzweigungsbereich von Quercus. Die Wände der Gefäße und Tracheiden sind den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechend herausgezeichnet. Das Grundgewebe besteht aus Parenchym. Abkürzungen: T = Tracheide, G = Gefäß, Pz = Parenchymzelle

Die Segmente der Abzweigungszone werden durch breite Strahlen getrennt, die im Bastbereich leicht dilatieren. Diese *intersegmentalen Strahlen* gehen stets vom Mark aus, ziehen bis in den Bast hinein und haben eine Breite von 4 - 10 Zellreihen. Sie trennen die Segmente von Beginn der Ausgliederung aus der Trägerachse bis zu deren Eingliederung in den radiären Ast, ziehen also mit den Segmenten über die ganze Abzweigungszone. Sie sind demzufolge sehr hoch und lassen sich, da sie wie die Segmente in der Abzweigungszone eine Verlagerung erfahren, nicht auf voller Länge verfolgen.

Der intersegmentale Strahl besteht anfänglich aus stehenden Zellen, die ganz kontinuierlich in liegende, jedoch im Vergleich zu den liegenden Zellen eines Strahles aus dem Holz einer Sproßachse, nur wenig gestreckte Zellen übergehen (Abb. 6). Die Strahlenzellen behalten diese Form auch im Bastteil bei. Sie folgen damit der allgemein üblichen Differenzierung von Strahlen (Braun 1967/68). Die Zellwände der intersegmentalen Strahlen sind wie die des gesamten Parenchyms im Abzweigungsbereich sehr dünnwandig und unverholzt. Sie lassen keine Tüpfelverbindungen erkennen.

Die Parenchymzellen der intersegmentalen Strahlen enthalten erstaunlich viele Oxalatdrusen (Abb. 6). Dieses wurde auch schon von Höhnel (1878) beschrieben. Interessant ist aber noch, daß sie überwiegend erst im Spätholzbereich und dann oft gleich hintereinander in mehreren Zellen als radiale Reihe erscheinen.

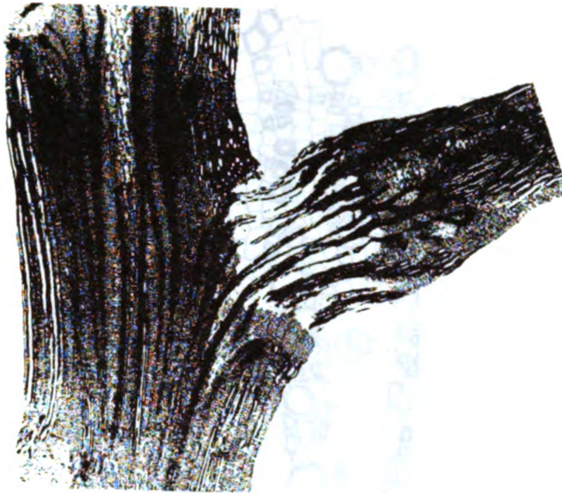






Abb. 4.1 - 3
Längsschnitte durch den Abzweigungsbereich von Quercus robur.

Abb. 4.1
Phloroglucin + Salzsäure-Färbung auf verholzte Gewebe. In der Abzweigungszone sind nur die Gefäße und Tracheiden verholzt. Das Parenchym ist unverholzt. (11 x)

Abb. 4.2
Stärkefärbung mit Jodkalium. Das Parenchym des zentralen Abzweigungsbereiches ist stärkefrei (heller Bereich). (11 x)

Abb. 4.3
Gomori-Reaktion zum histochemischen Nachweis saurer Pphosphatasen. Die Zentrale Abzweigungszone wird dabei schwarz, was auf eine hohe Phosphataseaktivität hinweist. (11 x)

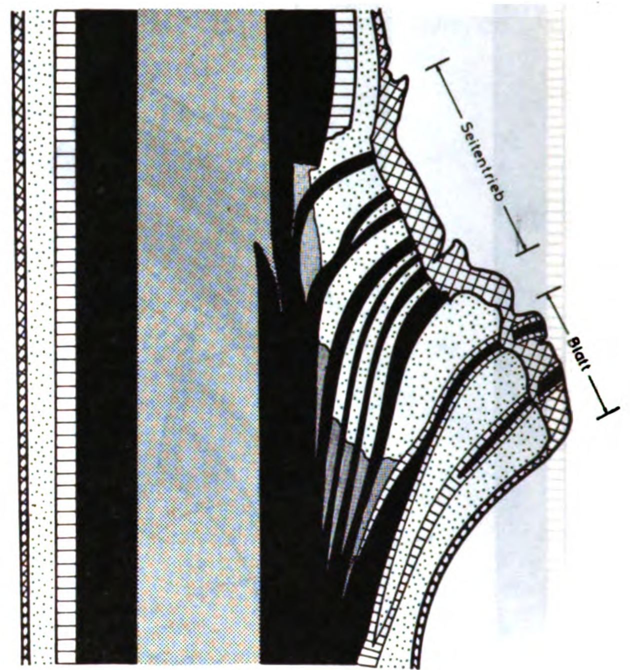
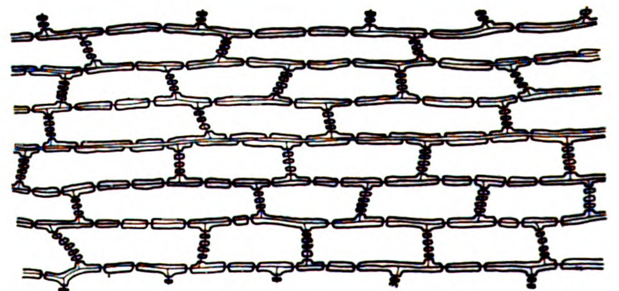



Abb. 5
Der Abzweigungsbereich von Quercus nach der Abgliederung der Seitenachse. Kariert = Periderm, sonst siehe Abb. 2.

Wie aus der Abb. 3 hervorgeht, werden die *Gefäße* in den Segmenten nicht wie im normalen Holz der Eiche von Tracheiden begleitet, sondern sind ringsum von Parenchym umgeben. Dies gilt insbesondere für die i. d. R. einzeln ziehenden größeren Gefäße des Frühholzes. Sie besitzen somit eine Parenchymvollscheide. Die kleineren Gefäße ziehen häufig in Gruppen. Dazwischen und vor allem im Spätholz finden sich, oft in radialen Reihen oder als Gruppen geordnet, *Tracheiden*. Eigenartigerweise finden sich im ersten Jahresring des Segmentes nur streng in Reihen geordnete



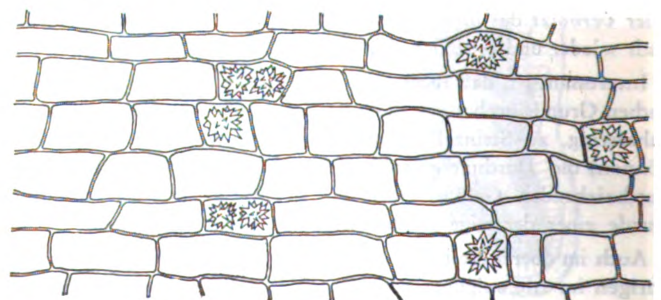
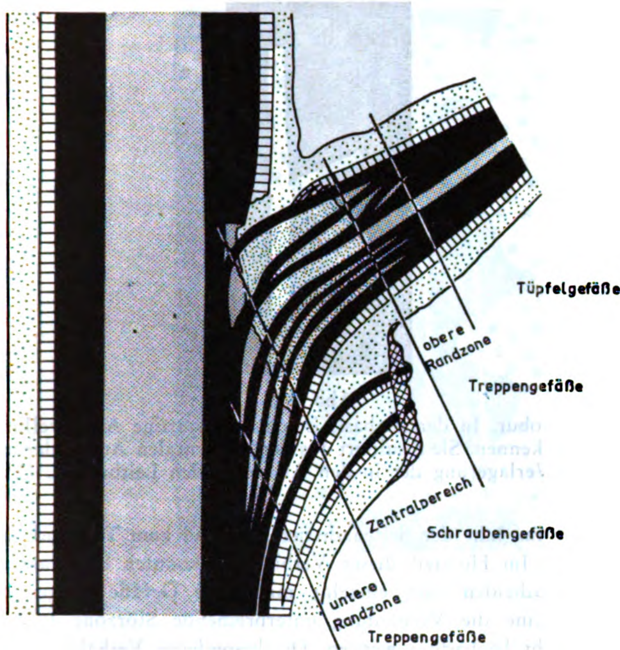


Abb. 6
Quercus robur. Gegenüberstellung eines normalen Strahles aus dem Holz der Sproßachse (oben) und eines intersegmentalen Strahles des Abzweigungsbereiches (unten). Die Zellwände des letzteren Strahles sind sehr dünn und besitzen keine erkennbaren Tüpfelverbindungen. Einzelne Zellen enthalten Calcium-Oxalat-Drusen.




Tüpfelgefäße

Abb. 7
Quercus robur. Die Abbildung grenzt die Zonen des Abzweigungsbereiches ab, in denen die in die Seitenachse ziehenden Gefäße ihre Zellwandform ändern und vom getüpfelten zum treppenförmigen und schraubig verstärkten Gefäß übergehen.

Tracheiden und keine Gefäße. Ähnliches fand sich auch bei der Birke.

Mit der Ausgliederung der Segmente aus der Trägerachse gehen die in ihnen ziehenden Gefäße vom normalen Tüpfelgefäß zunächst in Treppengefäße und schließlich in netzig und dann schraubig ausgesteifte Gefäße über. Mit der Vereinigung der Segmente zum radiären und geschlossenen Holzmantel im Ast gehen die Gefäße in umgekehrter Reihenfolge wieder in Tüpfelgefäße über (Abb. 7).

Die bei der Eiche mit den Gefäßen durch den Abzweigungsbereich ziehenden, normalerweise mit Hoftüpfeln versehenen Tracheiden gehen in den Segmenten ebenfalls in die schraubig versteifte Form über.

Die unmittelbar nebeneinander ziehenden oder zu Gruppen vereinigten Gefäße oder Tracheiden können sich beim Durchlaufen der Abzweigungszone umwinden bzw. umschrauben (Abb. 8).



Abb. 8
Quercus robur. Die im zentralen Abzweigungsbereich zu Gruppen zusammentretenden Gefäße oder Tracheiden können sich beim Durchlaufen dieser Zone umwinden. (55 x)

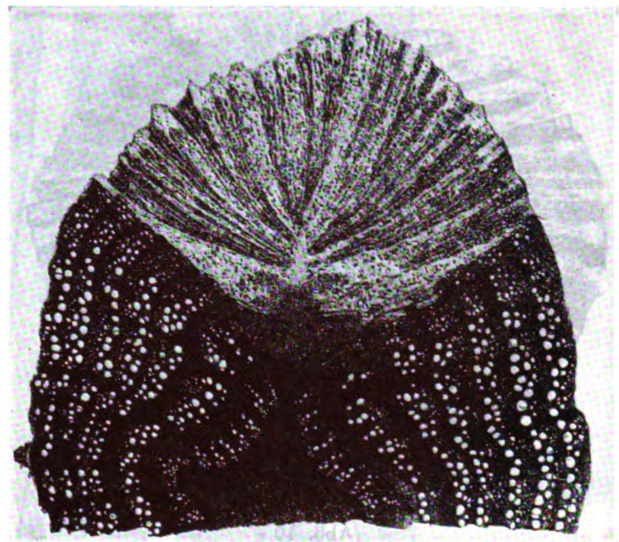


Abb. 9
Quercus robur. Ausgliederung der in den Ast ziehenden Leitbahnsegmente. Dieser Querschnitt stammt aus dem Bereich des Schnittes 5 - 6 der Abb. 2. Zu beachten ist die am Rand deutlich werdende Verminderung der Gefäßdurchmesser in den Segmenten. (15 x)

Mit der beginnenden Abgliederung der Leitbahnsegmente aus der Trägerachse erfolgt eine Verringerung des Gefäßdurchmessers (Abb. 9).

Vergleichende Messungen der Gefäßdurchmesser ergaben, daß die Schraubengefäße im Abzweigungsbereich gegenüber normalen Gefäßen der Trägerachse und denen der Seitenachse eine erheblich geringere Gefäßweite besitzen.

| | |
|---|---|
| Gefäßweite in der Trägerachse: | 56 $\mu m$ |
| Gefäßweite in der Seitenachse: | 26 $\mu m$ |
| Gefäßweite des Abzweigungsbereiches: | 16 $\mu m$ |

(Die obigen Werte stellen nur Vergleichswerte für einen speziellen Fall dar. Sie wurden durch Mittlung der Werte verschiedener Gefäßgrößen gewonnen.)

Da zudem die Zahl der den Abzweigungsbereich durchziehenden Gefäße gegenüber internodialem Holz vermindert erscheint, ist der leitende Querschnitt beim Übergang in eine Seitenachse erheblich verringert.

In den Segmenten sind zwar Gefäße mit größeren und kleineren Durchmessern festzustellen (vergl. Abb. 3 u. 12), doch kann nicht von makro- mikroporen Gefäßen gesprochen werden. Durch die Verringerung der Gefäßdurchmesser dürften die größeren Gefäße nicht mehr das Grenzlimit von 100 $\mu m$ für makropor zu bezeichnende Gefäße erreichen (vergl. Braun 1963). Die grundsätzliche zyklopore Anordnung der mikro- und makroporen Gefäße von Quercus ist in den Abzweigungssegmenten noch schwach zu erkennen.

Die segmentale Aufgliederung des Holz- und Bastmantels des Seitenachsenabganges erfolgt bei Quercus nicht nur in der jungen Abzweigung. Sie kann über mehrere Jahre hinweg fortgesetzt werden, also auch noch in der *älter werdenden* Abzweigung angetroffen werden (Abb. 10).

Das Parenchym des Abzweigungsbereiches kann dabei über mehrere Jahre unverholzt bleiben und dadurch beispielsweise die Ausbildung einer Trennschicht und den Absprung der Seitenachse in späteren Jahren ermöglichen.

In der älter werdenden Abzweigung verholzt aber allmählich, von den Rändern ausgehend, das Parenchym der hinzukommenden älteren Jahresringe immer mehr; schließlich werden vom Kambium auch wieder Holzfasern als Grundgewebselemente im Astabgangsbereich gebildet. Dadurch nehmen die älteren Jahresringe

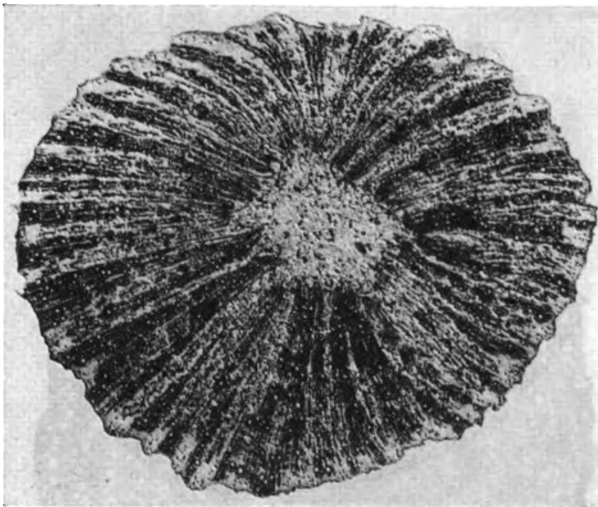


Abb. 10
Quercus robur. Querschnittsbild aus dem zentralen Bereich der Abzweigung (vergl. Schnitt 3 aus der Abb. 1). Der hier *sechs*-jährige Holzmantel ist in viele einzelne Segmente gegliedert. Makroskopisch ist eine Jahresringgliederung nur schwach zu erkennen. (20 x)




Abb. 11
Quercus robur. In der Astbasis ist eine wulstartige Anschwellung (W) zu erkennen. Sie resultiert aus der segmentalen Ausgliederung und der Verlagerung der in den Ast ziehenden Leitbahnen. (2 x)

allmählich wieder den Charakter normalen Holzes an. Eine Abgliederung der Seitenachse ist dann nicht mehr möglich.

Durch die Segmentierung und dem geschwungenen Verlauf der Segmente schwillt der ganze Abzweigungsbereich an der Astbasis zu einem Wulst an (Abb. 11 und 4). Von der älter werdenden Abzweigung wird dieser Wulst allmählich überwachsen.

Die Segmentierung des Holzteiles setzt sich auch im *Bast* des Abzweigungsbereiches fort. Histologisch unterscheidet sich der Bast der Abzweigungszone vom normalen Bast lediglich durch das Fehlen der Bastfasern (vergl. Höhnel 1878). Auch bastseitig besitzen die die Segmente trennenden Strahlen vor allem in den randständigen Parenchymzellreihen sehr viele Oxalatdrusen.

Die Fruchtstandsachsen (sie haben den Charakter von Kurztrieben) sind ebenfalls wie ein Seitentrieb mit der Trägerachse verbunden. Beim Übergang zum Fruchtbecher und in die Frucht wird der Leitstrang gleichermaßen in Segmente zerlegt. Die Segmente bleiben hier allerdings radiär angeordnet.

Die Seitenachse von Quercus besitzt wie die der Pinaceen und Betula im Medianbereich der jungen Seitenachse einen Anschluß zum apikalen Teil der Trägerachse. Diese Verbindung besteht wie bei den anderen Baumarten aus wenigen Leitbahnen und existiert auch nur im Jahr der Seitenachsenanlage und zum Teil noch im Folgejahr. Im Holzteil dieser Verbindung konnten bei Quercus neben Tracheiden auch einzelne mikropore Gefäße festgestellt werden. Eine die Verbindung unterbrechende Störzone konnte jedoch nicht beobachtet werden. Die besonderen Verhältnisse im Abzweigungsbereich der Eiche mit der ausgeprägten Parenchymatisierung dürften möglicherweise die Unterbrechung besorgen.

Die zuvor geschilderten anatomisch-histologischen Merkmale des Abzweigungsbereiches der Eiche sind im großen und ganzen auch im Abzweigungsbereich der Pappel anzutreffen. Lediglich bezüglich einiger, aber für die anamischen Verhältnisse der Abzweigung nicht gravierender, histologischer Merkmale bestehen zwischen beiden Baumarten Unterschiede, die aus der Zugehörigkeit zu verschiedenen Bautypen (vergl. Braun 1963) resultieren. So gehen die nur mikroporen Gefäße der Pappel im zentralen Abzweigungsbereich nicht in Schraubengefäße, sondern nur in Treppengefäße über (vergl. Höster et al. 1968). Der Pappel fehlen außerdem grundsätzlich die Tracheiden. In der Tabelle 1 werden die verschiedenen histologischen Merkmale von Pappel und Eiche gegenübergestellt.

Abschließend sollen noch einmal die unterschiedlichen histologischen Gegebenheiten des normalen Holzes und des Holzes des Abzweigungsbereiches der Eiche gegenübergestellt werden (Abb. 12).

Eine Zuordnung von Quercus und Populus zu einem bestimmten Abzweigungstyp wird in der folgenden Veröffentlichung bei der vergleichenden Gegenüberstellung mit anderen Laubbäumen vorgenommen.

Tabelle 1
**Gegenüberstellung der histologischen Verhältnisse von normalem Holz der Sproßachse und dem Holz im Segment des Abzweigungsbereiches von Eiche und Pappel**

| | | Grundgewebe | Gefäße | Tracheiden | Parenchym | Strahlen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Quercus | Normales Holz des Internodiums von Quercus | Holzfasern Tracheiden | zyklopore Hoftüpfelgefäße | Hoftüpfeltracheiden | verholzt speichert Stärke | überwiegend schmal |
| | Holz im Segment des Abzweigungsbereiches von Quercus | Parenchym | mikropore Schraubengefäße | Schraubentracheiden | unverholzt ohne Stärke | überwiegend breit |
| Populus | Normales Holz des Internodiums von Populus | Holzfasern | mikropore Hoftüpfelgefäße | — | verholzt speichert Stärke | schmal |
| | Holz im Segment des Abzweigungsbereiches von Populus | Parenchym | mikropore Treppengefäße | — | unverholzt ohne Stärke | überwiegend breit |

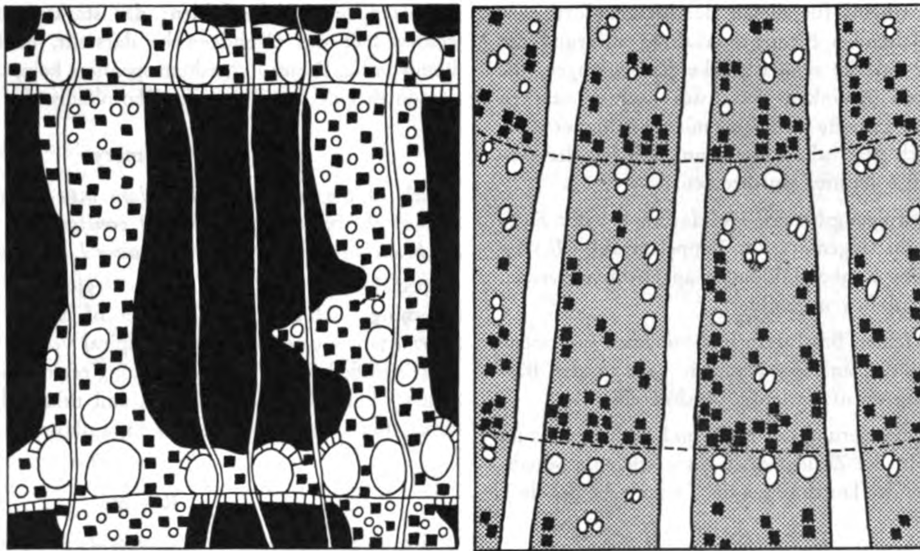


Abb. 12

Quercus robur. Schemata der histologischen Verhältnisse des internodialen Holzes (links; nach BRAUN) und des Holzes im Abzweigungsbereich (rechts).

Auffallend sind im rechten Bild zunächst einmal die unterschiedlichen Größenverhältnisse der Gefäße. Zwar sind die Gefäße im Frühholz des Abzweigungsbereiches ebenso wie im normalen Holz größer; sie erreichen jedoch nie einen Durchmesser von 100 $\mu$m und können deshalb nicht als makropor bezeichnet werden. Die die Eiche auszeichnende Zykloporie ist, wenn auch in anderen Größenverhältnissen, auch im Abzweigungsbereich zu erkennen.

Die Gefäße und Tracheiden in den Segmenten der Astabgangszone sind auffällig in Reihen angeordnet. Die schwarzen Karos, die im linken Bild nur symbolisch die Anwesenheit von Tracheiden andeuten, stellen dagegen im rechten Bild einzelne Tracheiden dar (vergl. Abb. 8).

Bezüglich des Strangparenchyms ist es dagegen umgekehrt. Im linken Schema stehen die weißen Karos symbolisch für einzelne Parenchymzellen bzw. Parenchymzellreihen. Rechts wird das vielzellige parenchymatische Grundgewebe durch die Punktrasterung angedeutet. Holzfasern, die im normalen Holz einen großen Teil des Grundgewebes ausmachen (schwarze Flächen im linken Schema) fehlen im Abzweigungsbereich.

Die die Segmente trennenden Strahlen sind im Abzweigungsbereich 4 - 10 Zellreihen breit. Die Jahresringgrenzen sind nur andeutungsweise zu erkennen und deshalb gestrichelt dargestellt.

## Diskussion

Der Abzweigungsbereich der von uns besonders eingehend untersuchten Eiche zeigt gegenüber dem normalen internodialem Holz erstaunliche anatomisch-histologische und cytochemische Veränderungen. So werden im Abzweigungsbereich völlig veränderte Gewebekombinationen gebildet und das Stoffwechselgeschehen umgestimmt. Das Kambium, das diese Gewebe bildet, muß hier auf kürzester Strecke völlig umschalten. Schon dies allein ist ein erstaunliches genetisches Phänomen.

Die auffälligste Erscheinung im Abzweigungsbereich der Eiche ist die starke Vermehrung des Parenchyms, das hier praktisch das Grundgewebe bildet. Aufgrund dieser stark vermehrten parenchymatischen Gewebe, die allein sekundär meristematisch werden können, kann im Abzweigungsbereich der jungen Seitenachsen von Eiche und Pappel in den ersten Lebensjahren der Seitenachse die Ausbildung einer Separationsschicht und damit eine Abgliederung erfolgen.

Aus der starken Durchsetzung des Abzweigungsbereiches der Eiche mit unverholztem, dünnwandigem Parenchym resultiert für diesen Bereich andererseits aber zweifelsohne eine gewisse Festigkeitsminderung. Wie kann demnach dieser Abgangsbereich, der besonders starken Hebelkräften ausgesetzt ist, trotz des Fehlens von Holzfasern, die dem Holzkörper der Eiche normalerweise seine Festigkeit verleihen, seine Festigkeit bewahren? Die allein verholzten Schraubengefäße und -tracheiden dürften diesem Bereich keine ausreichende Festigkeit gewähren. Hier eine mögliche Erklärung: Das Parenchym des Zentralbereiches der Abgangszone speichert, im Gegensatz zu dem Parenchym der Randzone, wo vereinzelt schon wieder Holzfasern anzutreffen sind, keine Stärke. Die im Zentralbereich sicher gleichermaßen vorhandenen Kohlenhydrate werden nicht in die hochmolekulare Speicherform überführt. Sie dürften vielmehr als niedermolekulare Zucker vorliegen und eine hohe osmotische Wirkung entfalten. Es ist anzunehmen, daß das parenchymatische Grundgewebe im Abzweigungsbereich aufgrund einer hohen Zellsaftkonzentration voll turgeszent ist. Voll turgeszente Zellen sind aber strukturell enorm stabil (MOHR 1969). Die Festigkeit dieses Bereiches könnte auf diese Weise ständig garantiert werden. Die festgestellte und auffällig auf den Zentralbereich lokalisierte hohe Phosphataseaktivität, die allgemein ein Zeichen für Umsetzungen und Transportvorgänge von Kohlenhydraten und hoher Stoffwechselaktivität ist (SAUTER u. BRAUN 1968), kann als Untermauerung dieser Annahme gewertet werden. Die breiten und zahlreichen Strahlen dieses Bereiches dürften als radiale Transportwege für ausreichenden Kohlenhydratnachschub sorgen. Möglicherweise bezieht das Strangparenchym seinen Bedarf auch direkt aus den Stärkedepots der Randzonen des Abzweigungsbereiches. Die Schraubengefäße und Schraubentracheiden, die den Abgangsbereich durchziehen, dürften ihrerseits für eine stete und ausreichende Wasserversorgung zur Aufrechterhaltung der Turgeszenz sorgen. Sie verfügen allerdings über keine direkte Tüpfelverbindung zum umgebenden Parenchym. EICKE (1968) konnte bei schraubig verdickten wasserleitenden Zellelementen des Primärxylems von Gingko biloba elektronenmikroskopisch eine Wanddicke von 60 nm ermitteln, die der Dicke von Tüpfelschließhäuten entspricht. Da die Schraubenbänder nach EICKE in der Regel der Zellwand nur mit einem Drittel bis zu zwei Fünftel ihres Durchmessers (Breite 1,5 $\mu$m) aufliegen, verbleibt eine große Wandfläche dünner Wanddicke (= 9/10). Auf dieser großen Fläche kann praktisch das Wasser leicht in das umgebende Parenchym übertreten. Da anzunehmen ist, daß die Schraubengefäße und -tracheiden der Eiche ähnliche Wandstärken aufweisen, dürfte das Parenchym des Abzweigungsbereiches stets gut mit Wasser versorgt sein.

Wie beschrieben, gehen die Tüpfelgefäße und -tracheiden im Abzweigungsbereich in schraubig ausgesteifte Gefäße und Trache-

iden über. Diese Form scheint für diesen Bereich geradezu prädestiniert zu sein. Die leitenden Elemente erfahren aufgrund der Verlagerung auf kurzer Strecke relativ starke Krümmungen, die sich bei einem möglichen Absinken des Astes noch verstärken können. Die schraubig ausgesteifte Zellwand mit sehr dünner Zellwand ist dann wesentlich plastischer. Sie kann auch bei der Abgliederung der Seitenachse leichter durchreißen.

Da im zentralen Abzweigungsbereich Holzfasern bei der Eiche fehlen, können hier — im Gegensatz zur Pappel (vergl. Höster et al. 1968) — auch keine Zugholzbildungen angetroffen werden. Zugholz wird nur in Holzfasern gebildet.

Im Bast der Astbasis fehlen Bastfasern und zunächst auch weitgehend sklerenchymatische Elemente. Dadurch vermag der Bast bei einer Astabgliederung ebenfalls leicht durchzureißen.

Das Merkmal der Segmentierung des Bast- und Holzmantels im Abzweigungsbereich, d. h. die Zerlegung in viele einzelne Scheibchen, dürfte zweifelsohne das Durchreißen der Leitgewebe bei einer Separation erleichtern.

Die Erscheinung der Segmentierung fand sich nicht nur bei Quercus und Populus, sondern auch bei Betula, deren Abzweigungsanatomie in der folgenden Veröffentlichung besprochen wird. So sind, das sei hier schon angeführt, bei Betula die Leitbahnen im Jahr der Seitenachsenanlage in auffälliger Weise in viele Segmente zerlegt. Die Segmente bestehen nur aus Schraubentracheiden; Gefäße werden in ihnen noch nicht gebildet. Die sekundären Gewebe der folgenden Jahresringe werden im Vergleich zu Quercus dagegen nicht mehr segmentiert. Der Bast- und Holzmantel bleibt unzergliedert.

Bei Quercus und Populus kann die Segmentierung im Astabgangsbereich aber auch die weiteren Jahresringe erfassen. Das gilt insbesondere für Seitenachsen mit anhaltendem Kurztriebcharakter. In den Segmenten von Quercus finden sich vom zweiten Jahr an neben den Tracheiden auch Gefäße.

Während bei Quercus aufgrund der auf mehrere Jahresringe übergreifenden Segmentierung und des reichlichen parenchymatischen Gewebes im Holzmantel des zentralen Abzweigungsbereiches auch in späteren Jahren eine Separation der Kurztrieb-Seitenachsen möglich ist, vermag bei Betula nur die (sitzengebliebene) Knospe aufgrund der nur im Jahr der Seitenachsenanlage gegebenen Segmentierung durch ein Trenngewebe abgegliedert zu werden.

Setzt die Seitenachse, insbesondere als Langtrieb, jedoch über viele Jahre hinweg ihr Wachstum unbeeinträchtigt fort, so geht allmählich die Möglichkeit der Abgliederung verloren.

Beim mehrjährigen Zweig von Quercus verholzt das parenchymatische Grundgewebe in den hinzukommenden Jahresringen immer mehr, und allmählich ziehen auch Holzfasern in den zentralen Bereich ein. Dadurch erlangt die Abzweigungszone eine durch das jetzt vorhandene Holzfasergrundgewebe gewährte Festigkeit. Eine Abgliederung der Seitenachsen ist dann natürlich nicht mehr möglich. Die Seitenachse wird dann in der Regel als eine, das Baumgerüst bildende Achse vom Baum integriert und kann bei einem vorzeitigen Absterben nur durch eine allmähliche Zersetzung des Holzkörpers vielleicht abbrechen.

### Zusammenfassung

Der Abzweigungsbereich von Quercus und Populus weist spezielle Differenzierungsmerkmale auf, die eine Abgliederung der Seitenachsen ermöglichen. Zu ihnen gehört die Segmentierung des Holz- und Bastmantels. Die vielen einzelnen Segmente werden durch breite, vom Mark ausgehende „intersegmentale Strahlen" getrennt. Ferner gehören dazu die Bildung von Schraubengefäßen und Schraubentracheiden, die im Abzweigungsbereich die einzigen verholzenden Gewebe bilden; das stark vermehrte Parenchym, welches hier das Grundgewebe darstellt, bleibt unverholzt und dünnwandig. Dieses Parenchym speichert keine Stärke und zeichnet sich durch eine auffällig hohe Phosphataseaktivität aus.


### Summary

Title of the paper: *Investigations into the anatomy and histology of the internodial region of conifers and broad-loaf species. III. Branching habits in Quercus robur L. and Populus sect. aigeiros.*

Special differentiations in the region are preconditional to branching, including segmentation of xylem and phloem with intermittent segmental rays, and spiral vessels and tracheid as the only lingnified tissues in the branching region; also increased parenchyma which remains unlignified and thin-walled, does not store starch, and shows a remarkably high phosphatase activity.

E. F. B.



### Résumé

Titre de l'article: *Etudes anatomiques et histologiques aux points de ramification des branches chez les feuilles et les conifères. III. Ces du Quercus Robur L. et des peupliers de la section Aigeiros.*

Chez le chêne et le peuplier, la zone de ramification présente des caractères spéciaux de différenciation qui rendent possible une articulation des axes latéraux. A ces caractères spéciaux appartient la «sectorisation» des couronnes de bois et de liber. Les nombreux segments sont individualisés par de larges «rayons inter-secteurs» partant de la moelle. On doit en outre y rattacher le formation des vaisseaux et des tracheïdes spiralés qui dans la zone de ramification constituent les seuls tissus lignifiés; le parenchyme très développé, qui constitue le tissu de fond, demeure non lignifié et les parois des cellules restent minces. Ce parenchyme ne stocke pas d'amidon mais se caractérise par la présence d'une phosphatase dont l'activité enzymatique est particulièrement élevée. J. M.


### Literatur


Braun, H. J.: Die Organisation des Stammes von Bäumen und Sträuchern. Wiss. Verlagsges-, Stuttgart, 1963. — Eicke, R.: Die anatomischen Grundlagen für den Wassertransport im Primärxylem von Ginkgo biloba L. Ber. dtsch. bot. Ges. 81 (1968), 450 - 458. — Höhnel, v. H.: Über den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen. Mitt. forstl. Versuchswesen Österr. Wien, 1878, 247 - 256. — Höster, H., W. Liese u. P. Böttcher: Untersuchungen zur Morphologie und Histologie der Zweigabwürfe von Populus „Robusta". Forstwiss. Cbl. 87 (1968), 356 - 368. — Mohr, H.: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Springer, Berlin-Heidelberg, 1969. — Sauter, J. J. u. H. J. Braun: Histologische und cytochemische Untersuchungen zur Funktion der Baststrahlen von Larix decidua Mill., unter besonderer Berücksichtigung der Strasburger-Zellen. Ztschr. f. Pflanzenphysiologie 59 (1968), 420 - 438.


---

## „Vermiculit" als Nährsubstrat für angewandte und experimentelle Pflanzenökologie

(s. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 141. Jg., 10)

Von W. E. Blum


### Summary

Title of the paper: *"Vermiculit" as growing medium in applied and experimental plant ecology.*

The commercial mineral mixture "Vermiculit" was tested as growing medium by mineralogical, chemical and physical analyses and by plant growth assay. The preparation proved suitable for use in ecological experimentation because it permits effective simulation of natural soil systems. Mineralogical, physical and chemical properties of the preparation and possibilities for modification are reported. Further uses in plant growing, especially for soil melioration and fertilizing, are discussed. E. F. B.

## Buchbesprechungen

**Sozialstruktur und Organisation von Forstbetrieben.** Von W. Sagel. Wien 1968, 147 Seiten.

Ausgehend von einer umfassenden Darstellung der wissenschaftstheoretischen Grundlagen wird eine Beschreibung der Untersuchungsobjekte und der Untersuchungsmethode gegeben. Es wurden drei österreichische Privatforstbetriebe in der Größenordnung von 3 bis 5000 ha untersucht. Neben eigenen Beobachtungen in den Betrieben stützt sich die Arbeit hauptsächlich auf die Ergebnisse von Befragungen der verschiedenen Personengruppen.

Einige Strukturmerkmale des Sozialsystems der untersuchten Betriebe werden besonders hervorgehoben. Die Autoritätsstruktur ist noch von zahlreichen Elementen traditionaler Verhaltensweisen beeinflußt, entwickelt sich aber zunehmend zur rationalen Autorität. Es vollzieht sich eine Entwicklung vom Besitz zum Betrieb. Die formale Hierarchie der Betriebe (Waldbesitzer - Forstmeister - Förster - Waldarbeiter) ist einheitlich. Das Kompetenzsystem folgt dem Grundkonzept der Linienorganisation. In der faktischen Kompetenzverteilung auf den Rangstufen der Leitungsebene zeigen sich beträchtliche Unterschiede zwischen den Betrieben. Unklarheiten in der Kompetenzabgrenzung sind auffallend häufig zu beobachten. Das Kommunikationssystem der Forstbetriebe zeichnet sich durch einen geringen Formalisierungsgrad aus und der persönliche Kontakt spielt eine große Rolle.

Bei der Analyse der Hauptpositionen im Forstbetrieb zeigt sich, daß der Waldbesitzer, der die eigentliche Unternehmerfunktion ausüben sollte, zum Teil noch in einer patriarchalischen Einstellung verwurzelt ist. Er kann daher leicht in einen Rollenkonflikt als Unternehmer einerseits und als Gutsherr andererseits geraten.

Der akademisch ausgebildete Betriebsleiter (Forstmeister) befindet sich in der Rolle eines angestellten Arbeitgebers. Angesichts der Vielfalt der ihm übertragenen Aufgaben besteht die Gefahr, daß die betriebswirtschaftliche Aufgabenstellung nicht ausreichend wahrgenommen wird.

Die soziale Funktion des Revierförsters als Bindeglied zwischen Betriebsleiter und Arbeiter besteht in der Umsetzung der Ziele in konkrete Maßnahmen. Die untersuchten Betriebe zeigen erhebliche Unterschiede in der Kompetenzabgrenzung zwischen Forstmeister und Revierförster. Es wird angenommen, daß die Revierförsterposition künftig einem Funktionswandel in Richtung auf die unmittelbare Arbeitsanleitung eines zentral disponierten Arbeitseinsatzes unterworfen sein wird. Der damit verbundene Entzug von Entscheidungskompetenzen wird zu Statuskonflikten führen.

Die Rolle der Waldarbeiter ist durch das Fehlen jederart von Ausstattung mit Autorität charakterisiert. Ihre Gruppenstruktur und Verhaltensweisen werden sehr stark durch den Herrschaftscharakter des Akkordlohnes bestimmt.

Unter Abwägung der Beziehungen zwischen der Sozialstruktur und den aktuellen betriebswirtschaftlichen Problemen kommt der Verfasser zu der Hypothese, daß mit zunehmender Bedeutung der Kostensenkung verstärkte Tendenzen zur organisatorischen Zentralisierung verbunden sein werden.

Die Untersuchung verfolgt nicht das Ziel einer statistisch gesicherten Repräsentation ihrer Aussagen, sondern bemüht sich um eine kausalanalytische Erklärung der beobachteten Verhaltensweisen. Die Arbeit bietet dabei eine Fülle wertvoller Anregungen und ist als sehr fruchtbarer Ansatz für eine neuorientierte wissenschaftlich fundierte Forstorganisationslehre anzusehen, welche sich als wichtiger Bereich der Betriebswirtschaftslehre versteht.

H. D. Brabänder

**Der Wald, eine Lebensgemeinschaft.** Von Hans Leibundgut. 2. vollständig neu bearbeitete Auflage. Verlag Huber, Frauenfeld. DM/SFr. 19,80.

Der Verfasser hat es sich zur Aufgabe gestellt, dem am Walde interessierten Leser, sei es nun ein Forststudent in den ersten Semestern, ein Wanderer oder Naturfreund, der etwas Näheres über den Wald erfahren möchte, den Wald als Lebensgemeinschaft in seiner Vielfalt und seinen oft so komplexen Beziehungen näherzubringen.

Wie ein roter Faden zieht sich durch das ganze Buch das Bemühen, nicht nur Einzelwissen und Einzeltatsachen darzustellen, sondern die Verknüpfungen und vielfältigen Verbindungen zwischen Baum, Boden, Witterung und der übrigen Lebewelt des Waldes dem Leser deutlich zu machen.

Dabei kommt das Einzelwissen, soweit es für diesen Zweck notwendig ist, durchaus nicht zu kurz.

Nach einer ausführlichen Beschreibung des Waldes als Lebensgemeinschaft, wobei auch die Waldformen der Erde, die mitteleuropäische Waldgeschichte und die daraus heute entstandenen Waldformen berücksichtigt werden, wird ausführlich über die Wirkungen der Umwelt auf Baum und Bestand und umgekehrt über die Rückwirkungen des Waldes auf die Umwelt berichtet. Dieses Kapitel wird man wohl als das Kernstück des Buches bezeichnen dürfen. Der Einfluß von Licht und Wärme, von Wasser und Schnee, Luft und Wind, des Bodens mit seiner Lebewelt und der örtlichen Lage werden neben den Einflüssen von Tier und Pflanzenwelt in dem Ökosystem Wald als eine lebendige aufeinander bezogene Einheit darstellt.

Dem folgt ein Kapitel über den Lebenslauf im Walde, über Blühen, Fruchten und Keimen, über das Baumwachstum und die Erbanlage der Bäume, sowie ein weiteres Kapitel des Bestandeslebens, über die Konkurrenzwirkungen, das Altern, die Waldkrankheiten und anderen Gefahren und den Generationswechsel.

Das Schlußkapitel ist dem Einfluß des Menschen auf den Wald, insbesondere der Waldpflege, daneben aber auch der Frage gewidmet, welche landschaftsökologischen Vorteile der Wald dem Menschen zu bringen vermag.

Eine große Zahl guter, graphischer Darstellungen und sehr schöner Abbildungen dienen der Illustration des Textes.

Ein abgerundetes, wohl gelungenes Buch, dem weite Verbreitung im Kreise aller Freunde des Waldes zu wünschen ist.

G. Mitscherlich

**Bodenerosion.** Von D. Zachar. 2. erweiterte Auflage. Verlag der Slowakischen Akademie, Pressburg 1970.

Inzwischen ist die zweite Auflage des Standardwerkes von Zachar erschienen, vergleichsweise zur ersten Auflage mit einem dreifachen Umfang (527 Seiten) versehen, mit insgesamt 185 instruktiven Abbildungen, z. T. in Mehrfarbendruck und 118 Tabellen.

Das Werk verarbeitete die vollständige Bodenerosionsliteratur, die in einem 25seitigen Literaturverzeichnis zusammengestellt ist. Am Ende des Werkes, das in tschechoslowakischer Sprache geschrieben ist, findet sich eine deutsche Inhaltsübersicht, aus der der Leser sich für den Gebrauch des Buches, vor allem in der Durchsicht der Tabellen und Abbildungen zurechtfinden kann.

Es wäre sehr zu begrüßen, wenn dies in der Welt als einzig dastehendes Standardwerk auch in deutscher Sprache erscheinen könnte und wenn sich ein deutscher Verlag bereit erklären könnte, eine deutsche Übersetzung herauszugeben.

Das Buch enthält eine solche Fülle von wichtigen Einzelheiten, ohne die ein Forscher auf dem Gebiet der Bodenkultur (Forst- und Landwirtschaft, Obst- und Gartenbau, sowie aller Sonderkulturen) nicht auskommen kann.

Das Buch schließt überdies eine bedeutsame Lücke auf dem Gebiet der Landespflege und Landesplanung. Die Kenntnis seines Stoffes ist unerläßlich für alle landespflegerische und landesplanerische Überlegungen, sowie Überlegungen des Naturschutzes und des großen Forschungsgebietes der soil conservation, das immer mehr an Bedeutung gewinnen wird.

So kann dem Buch wegen seines außerordentlich aktuellen Inhaltes eine weite Verbreitung empfohlen werden, insbesondere bei Forschern und Instituten, die sich mit Fragen der Bodenkultur im weitesten Sinne befassen.

Jörg Barner

**Arbeitsgestaltung — zukunftsbewußt.** Schöpferisches Entwerfen und systematisches Entwickeln von Wirksystemen. Von GERALD NADLER. Herausgegeben von HUBERT HUGO HILF. Carl Hanser Verlag, München, 1969. XVI und 204 Seiten, 25 Bilder, 13 Übersichten. DM 28,—.

Die Arbeitsgestaltung herkömmlicher Art in Lehre und Praxis beschränkte sich vorwiegend darauf, eine bestehende Arbeit in ihre Bestandteile zu zerlegen, deren Notwendigkeit zu prüfen und meist durch Weglassen unnötiger Teile zu einem verdichteten und damit höheren Leistungsergebnis zu gelangen. Der vorgezeichnete Weg führte vom IST zum SOLL. Diese Art des Vorgehens hat in Europa eine gewisse Vervollkommnung erfahren und ist zu einem Stillstand gekommen.

Den gleichen Weg ging zunächst auch NADLER bei seiner umfassenden Beratungs- und Lehrtätigkeit, erkannte aber bald, daß das Vorgehen vom IST zum SOLL nur schrittweise, vergleichsweise kleine Erfolge brachte. Wesentlich durchschlagendere Erfolge erzielte er durch die Umkehrung des Weges, das heißt vom SOLL zum IST. Dabei setzte er das SOLL auf einer möglichst hohen Ebene an und gelangte zu einer äußerst wirksamen, tiefgreifenden Umgestaltung nicht nur einzelner, isoliert betrachteter Arbeiten, sondern darüber hinaus auch zu einer möglichst engen horizontalen und vertikalen Verzahnung.

Das SOLL entspringt dem schöpferischen Einfall und ist zunächst weit von der Wirklichkeit entfernt. Durch zielbewußtes und logisch-analytisches Entwickeln gelangt man zu einer systematischen Ordnung der sich zeigenden vielfältigen Wechselbeziehungen. Diese Ordnung gilt es soweit zu konkretisieren, daß sie in die Wirklichkeit umgesetzt werden kann. Dies beinhaltet, in knappen Worten, das schöpferische Entwerfen und systematische Entwickeln von Wirksystemen.

Das NADLER'sche Buch 'Work Systems Design: The Ideal Concept' entwickelt diese neue Methode und belegt sie mit zahlreichen Anwendungsbeispielen. Hervorzuheben ist, daß 'Ideal' nicht (nur) ideal bedeutet, sondern sich als Initialwort aus dem Amerikanischen als das Entwerfen und Entwickeln von logischen und wirksamen Systemen aufgrund von Idealvorstellungen ableitet. Der Titel beinhaltet demnach, auf die kürzeste Formel gebracht, den Weg vom idealtypischen SOLL zum realtypischen IST.

Bei seiner Methode unterscheidet NADLER sieben Elemente und zehn logische Folgeschritte. Es sei hier angedeutet, daß als Elemente oder kennzeichnende Inhalte (1) die Zielfunktion, (2) der Einsatz, (3) der Ausstoß, (4) der Ablauf, (5) die Ausrüstung, (6) die Umgebung und (7) die menschliche Mitwirkung bezeichnet werden. Die Folgeschritte hingegen bestehen (1) im Bestimmen der Zielfunktion, (2) Entwickeln des Idealsystems, (3) dem Sammeln von Daten, (4) dem Herausstellen von Gegenvorschlägen, (5) dem Auswählen einer Lösung, (6) dem Ausarbeiten des Systems, (7) dem Überarbeiten, (8) Austesten und (9) Einführen des entwickelten Systems sowie (10) dem Ermitteln und Kontrollieren der Leistung.

Das Verdienst des Herausgebers, der aus seinen über vierzigjährigen Erfahrungen in der forstlichen Arbeitswissenschaft geschöpft hat, besteht darin, die NADLER'schen Gedanken, entwickelt und formuliert im amerikanischen Raum, dem deutschsprachigen Leser in weitgehend verständlicher Form aufbereitet und nahegebracht zu haben. Eine mühsame Arbeit ist damit abgeschlossen. Sie wird aber nur dann ihre vollen Früchte zeitigen, wenn diese Gedanken die nötige Breiten- und Tiefenwirkung erfahren, um die ‚technisch-organisatorische Lücke' zwischen alter und neuer Welt zu verringern und womöglich selbständige neuartige Beiträge zur Weiterentwicklung zu liefern.

Für die Forstwirtschaft Mitteleuropas kommt die deutsche Ausgabe, die als einzige Erläuterung zwei bildliche Darstellungen des Systems von Holzaufbereitungsplätzen enthält, zu einer Zeit, da die technische und wirtschaftliche Lage zu schöpferischem Entwerfen und systematischem Entwickeln neuer, unbekannter Wirksysteme auffordert. Allen hierbei tätigen Forstleuten sei das Werk daher als Anregung empfohlen.

WERNER LANDSCHÜTZ

**Wildäsungsflächen.** Planung, Anlage und Pflege. Von ERHARD UECKERMANN und HANS SCHOLZ. Schriftenreihe der Forschungsstelle für Jagdkunde und Wildschadenverhütung. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 121 Seiten mit 13 Tabellen und 26 Abbildungen, davon 12 farbig auf 4 Tafeln. Kartoniert DM 16,80.

Die Frage einer rationellen Wildfütterung beschäftigt jeden Jagdrevierinhaber, denn in den meisten Fällen reicht die von Natur aus gebotene Futtermenge für den vorhandenen Wildbestand — zumindest zeitweise — nicht aus.

In ihrer Broschüre versuchen die Autoren Ratschläge für die Wildfütterung mit Hilfe von Äsungsflächen zu geben. Dabei werden zunächst Anleitungen über die Berechnung des Futterbedarfs der verschiedenen Wildarten gegeben und Überlegungen über die zweckmäßigste Planung der Anlage von Wildäsungsflächen vorgetragen, soll doch damit zugleich der Wildschaden vermindert werden.

Kernstück des Büchleins ist die Beschreibung der verschiedenen Arten von Äsungsflächen (Proßholzflächen, fruchttragende Bäume, Dauergrünlandäsungsflächen, Wildfutterwiesen und Wildäcker) und die Erteilung von Ratschlägen für ihre Anlage, für Bodenbearbeitung, Düngung, Auswahl von Futterpflanzen, Saat und Pflanzung und die notwendige Pflege. Das Büchlein ist für den Praktiker geschrieben und wird ihm willkommen sein.

G. MITSCHERLICH

**Landschaftspflege und Erholungsmaßnahmen im Walde.** Erfahrungen und Empfehlungen zum Europäischen Naturschutzjahr 1970. Von Oberforstrat Dr. ZUNDEL und Forstrat D. KETTLER. Mitteilungen der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg. 99 Seiten mit 51 Zeichnungen und Abbildungen. DM 7,—.

Die Landschaftspflege spielt in der Forstwirtschaft heute eine zunehmend gewichtige Rolle. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß es die beiden Autoren unternommen haben zusammenzustellen, welche Überlegungen der forstliche Praktiker anstellen muß, wenn er seinen Wald nach landespflegerischen Gesichtspunkten bewirtschaften will und welche Maßnahmen zur Förderung der Erholung der Bevölkerung vorgesehen werden können.

Das Büchlein gibt einen guten Überblick über die vielfältigen Möglichkeiten, den Wald im Zuge wirtschaftlicher Maßnahmen schön und abwechslungsreich zu gestalten und enthält eine Fülle beherzigenswerter Ratschläge. Seine Verbreitung wäre daher sehr zu begrüßen.

G. MITSCHERLICH

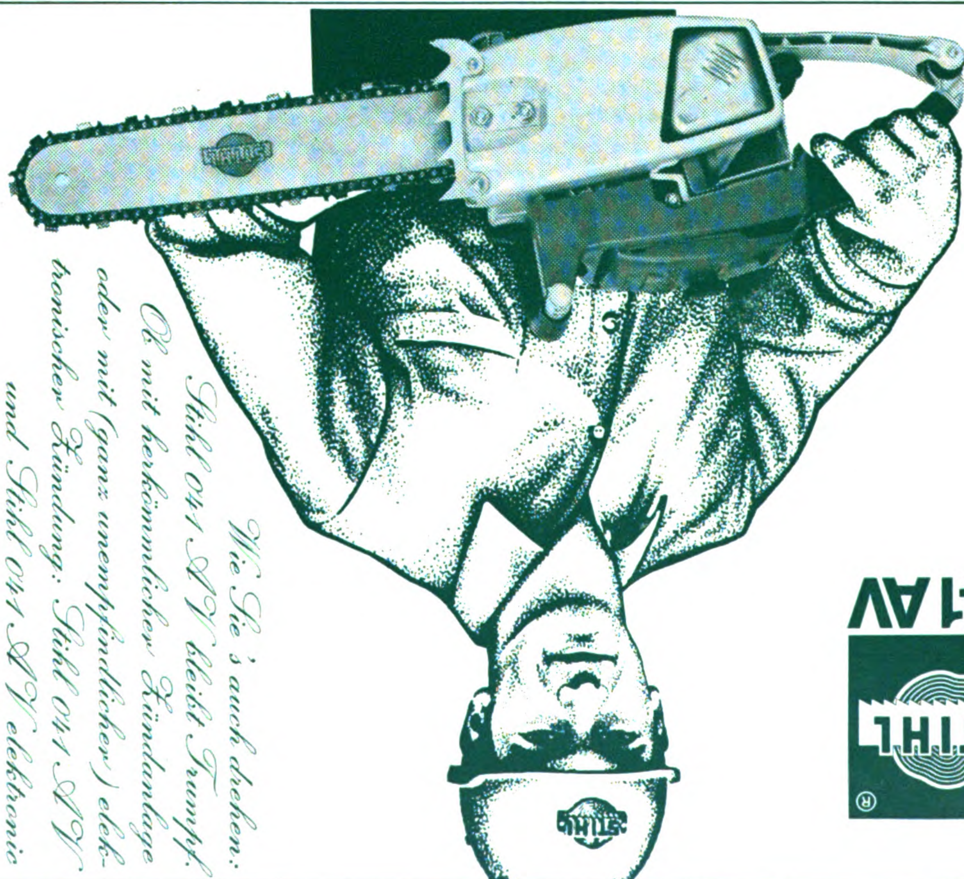
**Mittel gegen Wildschäden.** Von F. TÜRCKE. Verlag F. C. Mayer, München. DM 7,60.

In der zweiten Auflage ist die Broschüre von TÜRCKE: „Mittel gegen Wildschäden" erschienen, ein praktischer Ratgeber, in dem in kurzem Text und mit vielen Zeichnungen die verschiedenen Möglichkeiten des Wildschutzes von Kulturen, Dickungen und Stangenhölzern der Äsungsverbesserung im Walde und der Wildfütterung dargelegt werden. Eine bewährte, sehr nützliche Schrift.

G. MITSCHERLICH

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.




**STIHL Motorsägen 705 Waiblingen**

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG




INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



141. JAHRGANG 1970 HEFT 12 DEZEMBER

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 60,—, zahlbar in zwei Raten à DM 30,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 48,—, zahlbar in zwei Raten à DM 24,— (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.




**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 12 des 141. Jahrganges sind:**


Oberforstrat Dozent Dr. Peter Abetz, 78 Freiburg i. Br., Schwaighofstraße 6

Dr. D. Böhlmann, 41 Duisburg-Großenbaum, Am Golfplatz 20

Dr. B. von Droste zu Hülshoff, Institut für Forstpolitik, 8 München, Schellingstr. 12

Oberforstmeister Dozent Dr. K. G. Kern, 6732 Edenkoben, Weinstr. 29

Prof. Dr. W. Moll, Valdivia/Chile, Casilla 567


**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Prof. Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17



An unsere Leser!

Die allgemeinen Preiserhöhungen machen leider auch bei den Herstellungskosten von Büchern und Zeitschriften nicht halt. Ich liefere bis jetzt noch nach wie vor meine fachwissenschaftlichen Bücher zu den bei Erscheinen gültigen Preisen. Den Abonnementpreis der „ALLGEMEINEN FORST- UND JAGDZEITUNG“ muß ich allerdings ab 1. Januar 1971 auf DM 72,— erhöhen, um die hohe Qualität des Inhalts im Interesse der Autoren und der Leser zu erhalten.

Ich bitte um Ihr Verständnis.

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG

**Übersetzungen**

der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Bestandesdichte und Astdurchmesser bei der Rheintalkiefer

(Aus der Abteilung Ertragskunde der Baden-Württ. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg i. Br.)

(Mit 3 Abbildungen und 4 Tabellen)

Von P. Abetz

## 1. Problem

In der nordbadischen Rheintalebene zwischen Karlsruhe und Mannheim liegt ein rd. 22.000 ha großes, geschlossenes Kieferngebiet. Auf Grund der besonderen Standortsverhältnisse neigt hier die Kiefer zu einem relativ raschen Jugendwachstum, das vom mittleren Alter an nachläßt (Mitscherlich 1956, S. 134).

Die Kiefernkulturen leiden fast chronisch unter Schütte und Knospentriebwickler, die trotz chemischer Bekämpfung ihre Spuren hinterlassen. Schließlich tritt aus noch unbekannten Gründen etwa vom 80. Jahr an Stockfäule (Sparassis ramosa und Polyporus schweinitzii) auf.

Möglicherweise geht diese Fäule auf Veränderungen des Grundwasserniveaus zurück, was zu einmaligen oder wiederholten Verlagerungen der Wurzelhorizonte führen kann. Die dabei absterbenden Wurzeln können zu Eintrittspforten für den Pilz werden. Mit zunehmender Baumhöhe und größeren Kronen nimmt auch die Windbelastung zu, was zu einer stärkeren Beanspruchung der Wurzel und zu vermehrten Wurzelschäden führt. Auch auf diese Weise können also Infektionsstellen entstehen.

In der Praxis glaubt man daher, im Hinblick auf die wertmindernde Stockfäule die Umtriebszeit für die Kiefer auf etwa 120 Jahre beschränken zu müssen. Bei Beibehaltung des Zielsortimentes von 3. Klasse Stammholz (Mittenstärkensortierung) setzt dies aber stärkere Durchforstungen in der Jugend und damit geringere Stammzahlhaltungen als bisher voraus.

Da auch vom Standpunkt der Schütteanfälligkeit ebenso wie wegen der Schwierigkeiten in der Vermarktung schwach dimensionierter Hölzer Pflanzverbände mit 20.000 und mehr Kiefern je ha ungünstig sind, stellte sich die Frage, ob weitere Pflanzverbände bzw. frühzeitigere Stammzahlreduzierungen, wie sie beispielsweise in Fichte erfolgreich geübt werden, keine Wertminderung durch Grobästigkeit auslösen.

Ergebnisse über Astdurchmesser liegen aus den verschiedenen Standraumversuchen (Verbandsversuche, Läuterungs- und Durchforstungsversuche) nicht oder noch nicht vor. Es wurde deshalb versucht, durch einmalige Erhebungen in Kiefern-Dickungen die Beziehung zwischen Astdurchmesser und Standraum zu beleuchten.

Dem Leiter der Forstdirektion Nordbaden, Herrn Forstpräsident Sauer und seinen Herren Referenten sei an dieser Stelle sehr herzlich gedankt für die Anregung zu dieser Arbeit und für die personelle Unterstützung, ohne die wir die Untersuchung nicht in das laufende Forschungsprogramm der Abteilung hätten aufnehmen können..

Dank gilt ebenso den Herren Revierförster Miksch und Forstwart Scherm, die die mühevollen Messungen durchführten sowie den Mitarbeitern unserer Abteilung, insbesondere den Herren Huber und Rees und Forstoberamtmann Merkel.

Die Abt. Biometrie der FVA erstellte die erforderlichen Sonderprogramme zur Vorauswertung der Urdaten und übernahm die regressionsanalytische Bearbeitung des Materials, wofür ich Herrn OFR Dozent Dr. W. Schöpfer zu besonderem Dank verpflichtet bin.

## 2. Methodik und Material

In 16 Kieferndickungen von 6 - 13 m Oberhöhe mit derzeitigen Stammzahlhaltungen von 3.400 - 16.100 Kiefern je ha (Tabelle 1, Spalte 6) wurde an den jeweils 2.000 stärksten Kiefern je ha der Basisdurchmesser des stärksten Trockenastes jedes Qirles zwischen Stammfuß und Kronenansatz gemessen.

Tabelle 1
**Übersicht über die Untersuchungsobjekte**

| Feld-Nr. | Ort | $h_{200}$ | $d_{200}$ | G | N lebend | N tot | N frische Stöcke | N Sonstige Baumarten | N *total* | N bei der Bestandsbegründung | Pflanzverband |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m | cm | m² | Stück | Stück | Stück | Stück | Stück | Stück | cm |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Karlsruhe-Hardt II/27 | 9,3 | 10,3 | 27,43 | 9 166 | 7 233 | 1 733 | 1 900 | 20 031 | 27 300 | 110 x 33,3 |
| 2 | Karlsruhe-Hardt III/10a | 10,6 | 14,6 | 26,28 | 4 994 | 2 843 | 263 | 1 075 | 9 174 | 19 600 | 102 x 50 |
| 3 | Karlsruhe-Hardt IV/23 | 6,4 | 8,9 | 27,73 | 12 727 | 955 | 3 136 | 3 773 | 21 091 | 30 000 | 100 x 33,3 |
| 4 | Karlsruhe-Hardt V/15a | 10,1 | 11,3 | 34,03 | 11 250 | 3 400 | 4 800 | — | 19 450 | 100 000 | 100 x ≈ 10 (Saat) |
| 5 | Ettlingen I/26 | 9,7 | 11,2 | 32,44 | 12 360 | 11 320 | — | 400 | 24 080 | 83 000 | 120 x ≈ 10 (Saat) |
| 6 | Gde. W. Mörsch I/26 | 9,7 | 12,8 | 33,67 | 10 963 | 9 815 | — | 222 | 21 000 | 85 000 | 118 x ≈ 10 (Saat) |
| 7 | Heidelberg-Stadt II/13 | 4,9 | 7,4 | 17,87 | 16 100 | 6 367 | 400 | 500 | 23 366 | 27 800 | 120 x 30 |
| 8 | Heidelberg-Stadt II/12 | 5,8 | 8,9 | 18,70 | 10 261 | 3 826 | — | 1 130 | 15 217 | 24 800 | 135 x 30 |
| 9 | Heidelberg-Stadt III/7 | 8,8 | 12,3 | 25,77 | 7 692 | 4 423 | — | — | 12 116 | 22 200 | 90 x 50 |
| 10 | Heidelberg-Stadt III/10 | 6,8 | 9,4 | 21,92 | 12 720 | 6 480 | — | — | 19 200 | 28 000 | 90 x 40 |
| 11 | Schwetzingen I/4 | 8,6 | 11,0 | 26,00 | 11 063 | 5 531 | — | 2 313 | 18 906 | 30 000 | 100 x 33,3 |
| 12 | Philippsb. Hubwald Altlussh. I/9 | 8,5 | 11,6 | 28,57 | 8 857 | 3 543 | — | 1 514 | 13 914 | 18 200 | 110 x 50 |
| 13 | Bruchsal I/41 | 12,9 | 17,3 | 34,62 | 3 408 | 317 | 1 042 | 825 | 5 591 | 11 400 | 175 x 50 |
| 14 | Bruchsal I/47 | 9,9 | 12,3 | 30,78 | 6 780 | 800 | 1 780 | 140 | 9 500 | 13 300 | 125 x 60 |
| 15 | Graben II/13a | 10,0 | 12,4 | 33,71 | 10 893 | 8 893 | 393 | 464 | 20 643 | 40 000 | 100 x 25 |
| 16 | Graben I/10 | 8,3 | 11,6 | 30,32 | 9 096 | 3 761 | 991 | 87 | 13 936 | 17 800 | 135 x 45 |

Der Astbasisdurchmesser wurde am abgesägten Ast auf 0,1 mm genau gemessen, die Höhe des betreffenden Astquirles mit Bandmaß auf 5 cm genau bestimmt und die Richtung des Astes kartiert.

Von den 500 stärksten Kiefern je ha (Gruppe 1) wurde jeder Baum zur Messung herangezogen, von den 501 - 2.000 stärksten Kiefern je ha (Gruppe 2) nur jeder 2. Baum.

Insgesamt wurden 4.697 Äste an 725 Kiefern erfaßt. Hiervon entfielen auf die Gruppe der 500 stärksten Kiefern 1.749 Aststärken an 299 Bäumen.

In allen Feldern wurden mit der Durchmesseraufnahme Baumverteilungspläne angelegt.

Zur Charakterisierung der nur nach Brusthöhendurchmesser ausgewählten Meßbäume wurden zusätzlich ihre Höhen gemessen und ihre Schaftform in 3 Stufen geschätzt sowie gutachtlich bestimmt, ob der Baum als Protz oder Zukunftsbaum angesehen werden kann. Diese Bestimmungen hatten keinen Einfluß auf die Aststärkenuntersuchung, sondern sollten lediglich zur Absicherung dienen, daß mit den 2.000 stärksten Bäumen je ha unter anderem auch die künftigen Endbestandsbäume in etwa erfaßt worden sind. Denn wir gingen von der Annahme aus, daß die wichtigsten Produktionsträger unter den 2.000 stärksten Kiefern zu finden sein dürften, sofern es sich nicht um eine so minderwertige Provenienz handelt, daß die Mehrzahl dieser Kiefern Protzen wären. Tatsächlich fanden sich mit Ausnahme von Feld 13 überall mindestens 300 Zukunftsbäume, wobei die Anzahl der Zukunftsbäume mit zunehmender Ausgangspflanzenzahl bis auf 700 Kiefern je ha anstieg.

Wie aus der Tabelle 1, Spalte 11 und Spalte 12, ersichtlich, handelt es sich überwiegend um enge Pflanzverbände mit über 20.000 Kiefern je ha. Als ausgesprochene Weitverbände können nur die Felder 13 und 14 mit 11.400 bzw. 13.300 Kiefern je ha bezeichnet werden. Sie sind für unsere Untersuchung besonders wertvoll.

Über die *Bestandesgeschichte* dieser Dickungen wissen wir relativ wenig. So fanden sich keine Hinweise über die nach dem Krieg verwandten Kiefernprovenienzen. Nach den Untersuchungen von MATHIEU (1967) in einem unter Leitung von Professor SCHMIDT, Eberswalde (1936/37) angelegten kombinierten Kiefern-Provenienz- und Verbandsversuch in Schleswig-Holstein können wir aber unterstellen, daß die Herkunftsfrage für die Beurteilung der Aststärke vernachlässigt werden darf. Auch die von TROEGER (1960) gefundenen Unterschiede in den „Ästigkeitsgraden" bei den Parallelversuchen in Schussenried verlieren sich, wenn man die Stammzahlhaltung mit berücksichtigt.

Über die seinerzeitige Sorgfalt bei der Pflanzung und Pflege wie auch bisherigen Schäden durch Pilze, Insekten und vor allem durch mechanische Reinigungsgeräte war ebenfalls nichts Außergewöhnliches zu erfahren. Lediglich in Feld 2, das mit 19.600 Kiefern begründet worden war, sollen nach Aussagen älterer Waldarbeiter durch verspätete und unpflegliche Grasreinigung viele Pflanzen frühzeitig wieder verloren gegangen sein. Die sehr starke Streuung der Durchmesserverteilung und das auffallend ungünstige h/d-Verhältnis der 200 stärksten Kiefern machen diese Aussagen glaubhaft. Über empfindliche Schäden bei mechanischer Kulturreinigung berichtete kürzlich FLÖHR (mündlich 1970) an Hand von vergleichenden Kiefernkulturversuchen mit Herbizideinsatz und mechanischer Reinigung.

Eine ähnlich starke Durchmesserstreuung zeigen die Felder 13 und 14. Hier liegt die Ursache aber nicht in Insekten- oder Pflegeschäden, sondern in den von Anbeginn sehr weiten Pflanzverbänden. In diesen Feldern findet sich ebenfalls ein sehr ungünstiges h/d-Verhältnis bei den 200 stärksten Kiefern.

Die Standortsverhältnisse sind durch sehr milde-kurze Winter und trocken-heiße Sommer gekennzeichnet. Das Grundgestein besteht in der Hauptsache aus jungdiluvialen Sanden, Kiesen und Schottern, die zum größten Teil aus den Alpen und den Mittelgebirgen beiderseits des Rheintals stammen. Seit der Tulla'schen Rheinkorrektur hat eine langsame aber stete Grundwasserabsenkung eingesetzt, die mit der Anlage neuer Tiefbrunnen zur Deckung des enorm steigenden Wasserbedarfs der Industrie und Bevölkerung eine nicht zu übersehende Verschärfung erfahren hat (ALTHERR 1966, 1969). Charakteristisch für die Böden ist ihre geringe Wasserhaltefähigkeit auf Grund des geringen Lehmanteils und der Humusverarmung, die auch auf die jahrhundertelange Streunutzung zurückzuführen ist. Aus dem Ausgangsmaterial hat sich eine schwach entwickelte Braunerde mit geringen Podsolierungserscheinungen gebildet. Mit durchschnittlich 17°C Temperatur und 250 mm Niederschlag in der Vegetationsperiode zählt das Untersuchungsgebiet in Verbindung mit den durchlässigen Böden zu den trockensten Gebieten Baden-Württembergs. Innerhalb des Untersuchungsgebietes nehmen von Karlsruhe in Richtung Mannheim die Temperaturen zu, die Niederschläge ab.

## 3. Ergebnisse

Der Untersuchung lag folgende Arbeitshypothese zugrunde:

Der Astdurchmesser ist primär eine Funktion des Standraumes. Wenn die Astdurchmesser am Einzelbaum vom Stammfuß nach oben zum Kronenansatz zunehmen, so nur deshalb, weil sich der Standraum des herrschenden Baumes mit der Zeit vergrößert.

Eine Standraumerweiterung ist letztlich aber stets mit einem Rückgang der Stammzahlhaltung gekoppelt. Somit muß ein stochastischer Zusammenhang auch zwischen Astdurchmesser und Stammzahlhaltung bestehen. Dieser Zusammenhang ist vermutlich am straffsten in homogenen Bestockungen, in welchen die räumliche Baumverteilung gleichmäßig und die Bäume gleichwüchsig sind.

Die Richtigkeit dieser Arbeitshypothese war bei der Fichte durch MERKEL (1967) und bei Pinus radiata durch BROWN (1966) erwiesen worden und konnte mit den folgenden Untersuchungsbefunden nun auch für die gemeine Kiefer (Pinus silvestris) bestätigt werden.

Wegen der intensiven Kronenverflechtung in Kiefern-Dickungen konnte jedoch nicht der gleiche methodische Weg beschritten werden wie seinerzeit bei der Fichte. Schon bei der ersten Aufnahme zeigte sich nämlich, daß große Schwierigkeiten bei der Ermittlung des Einzelbaumstandraumes auftreten. Im Gegensatz zur Fichte beginnt bei der Kiefer die Kronenentflechtung und gegenseitige Scherwirkung viel später.

Auch der über Baumverteilungspläne und kartierte Aststellungen abgeleitete partielle Standraum führte zu keiner befriedigenden Beziehung zwischen Standraum und Astdurchmesser. Zweifelsohne hätte man mit einem wesentlich umfangreicheren Untersuchungsmaterial auch diese stochastische Beziehung finden können. Ein derartiger Untersuchungsaufwand schien jedoch nicht vertretbar.

Wir begnügten uns deshalb mit der Aufdeckung der Beziehung zwischen Astdurchmesser und Stammzahlhaltung. Bei der Ableitung einer Astdurchmesserschätzfunktion bezogen wir schließlich neben der Stammzahlhaltung des Bestandes noch den Brusthöhendurchmesser des Einzelbaumes mit ein, der einen indirekten Ausdruck für den Standraum eines Baumes innerhalb eines bestimmten Bestandes liefert. Aus dieser Schätzfunktion kann und darf jedoch nicht abgeleitet werden, daß der Astdurchmesser in kausalem Zusammenhang mit dem Brusthöhendurchmesser stünde.

### *a) Astbasisdurchmesser und Stammzahlhaltung*

Für die Gruppe 1 (500 stärksten Kiefern je ha) und für die Gruppe 2 (501 - 2.000 stärksten Kiefern je ha) wurden die maximalen Astbasisdurchmesser unmittelbar unter der Krone feldweise gemittelt. Diese Mittelwerte sind in Abbildung 1 über der derzeitigen Stammzahlhaltung der einzelnen Felder (von 3.400 - 16.100 Kiefern je ha) aufgetragen.

Danach nehmen die Astbasisdurchmesser mit abnehmender Bestandesdichte erwartungsgemäß zu. Im Bereich einer Stammzahl-

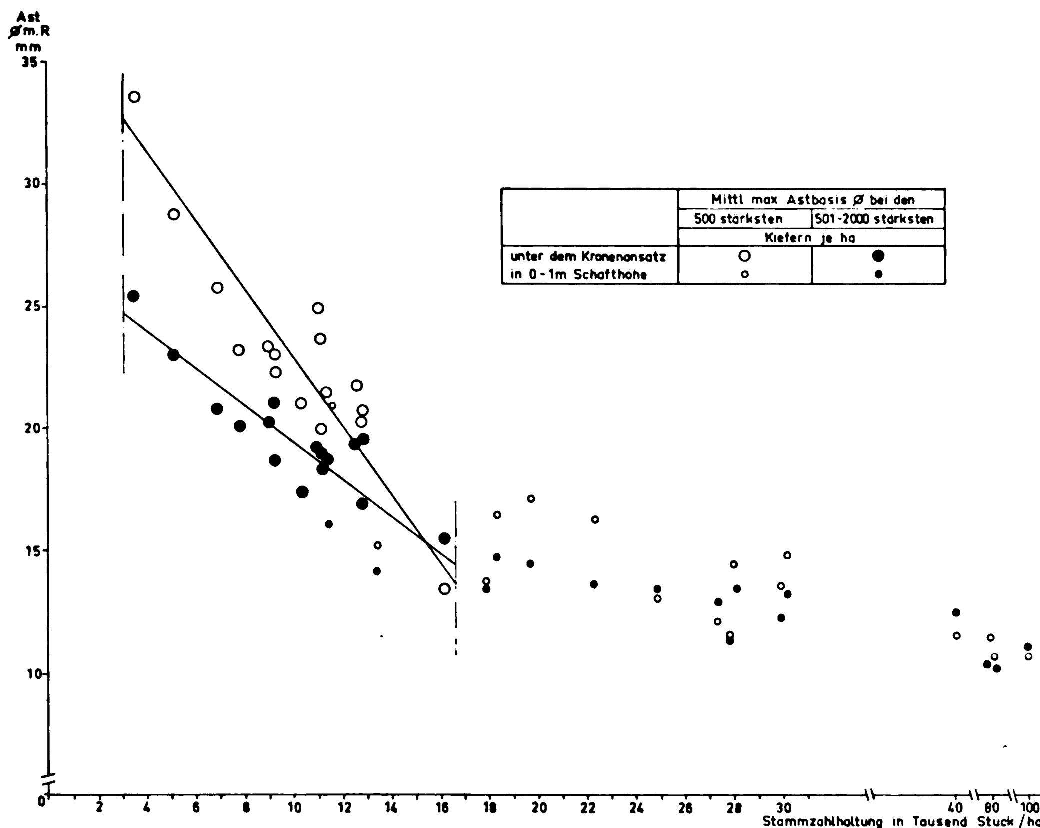



**Abb. 1**

***Maximaler Astbasisdurchmesser in Abhängigkeit von der Stammzahlhaltung***

Im Bereich einer „Stammzahlhaltung" (Abszisse) von 15 000 Kiefern je ha liegen die maximalen Durchmesser der „Totäste unmittelbar unter der grünen Krone" (Ordinate) bei etwa 16 mm Stärke. Mit sinkender Stammzahlhaltung nehmen die Astdurchmesser linear zu. Dabei steigen die Astdurchmesser der 500 stärksten Kiefern stärker an als die der 501 - 2000 stärksten Kiefern.
Die im rechten Teil der Abbildung mit kleinen Signaturen gekennzeichneten Astdurchmesser aus dem Schaftbereich von 0 - 1 m Höhe sind über der aus dem Pflanzverband ermittelten Pflanzenzahl aufgetragen. Danach unterscheiden sich — bei aller Problematik dieses Vorgehens — die Astdurchmesser in den Weitverbänden im Kulturstadium bzw. kurz danach nicht von den vergleichbaren älteren Dickungen gleicher Stammzahlhaltung, womit die primäre Abhängigkeit des Astdurchmessers vom Standraum deutlich wird.

haltung von etwa 15.000 Kiefern je ha liegen die Astbasisdurchmesser beider Gruppen mit ca. 16 mm beisammen. Mit sinkender Stammzahlhaltung nehmen die Durchmesser nahezu linear zu. Dabei steigen die Astdurchmesser der Gruppe 1 stärker an als die der Gruppe 2. Diese Tatsache ist darauf zurückzuführen, daß mit abnehmender Stammzahlhaltung die Einzelbaumstandräume und deren Varianz zunehmen. Dies spiegelt sich auch in der größer werdenden Durchmesserspreitung des Bestandes wider.

Für beide Gruppen ergibt sich eine lineare Abhängigkeit der mittleren maximalen Astbasisdurchmesser unter der grünen Krone in mm (y) von der Stammzahlhaltung in 1.000 Stück/ha (x).

Gruppe 1: $y_1 = 37{,}07 - 1{,}4183\ x.$
Gruppe 2: $y_2 = 27{,}10 - 0{,}7648\ x.$

Die Streuung der Mittelwerte um die Regressionsgerade beträgt 17 % bzw. 10 %.

Unsere ursprüngliche Vermutung, daß die vorwüchsigsten 500 stärksten Bäume mit ihrem nahezu unbegrenzten Wuchsraum von der Stammzahlhaltung nicht oder nur wenig beeinflußt seien, trifft somit nicht zu. Die Streuung der Werte deutet aber an, daß sie zumindest weniger beeinflußt sind als die Gruppe 2.

Um auch eine Information über Astdurchmesser bei höheren Stammzahlen als 16.000 Kiefern je ha zu erhalten, wurden die maximalen Astbasisdurchmesser des untersten Meßbereiches von 0 - 1 m Schafthöhe, diese nun aber in Beziehung zur Ausgangspflanzenzahl gesetzt. Es ist dies in Abb. 1 im rechten Teil geschehen.

Dazu muß bemerkt werden, daß die Ausgangspflanzenzahl keine geeignete Beziehungsgröße zum Astdurchmesser bis 1 m Schafthöhe sein kann, denn in den ersten Jahren nach der Auspflanzung fällt bereits ein beachtlicher Teil an Pflanzen aus, wie wir es ja an dem Feld 2 in besonders starkem Umfang erkannt haben. Außerdem wird die hier in der Abbildung herangezogene Totastzone von 1 m Schafthöhe sich erst in einer 2 - 3 m hohen Dickung einstellen. Bis zu diesem Zeitpunkt muß aber sicherlich gerade in den sehr stammzahlreich begründeten Saatbeständen eine außerordentlich starke Selbstausscheidung stattgefunden haben. Nur unter der Berücksichtigung dieser Umstände erscheint eine Korrelation der unteren Totäste (bis 1 m Schafthöhe) mit der Ausgangspflanzenzahl zulässig.

Dabei stellen wir fest, daß in dem Bereich unterhalb 20.000 Kiefern je ha die Astdurchmesser sich einigermaßen gut mit den Werten in der linken Abbildung decken, die die derzeitigen Stammzahlhaltungen und Astdurchmesser unter dem Kronenansatz wiedergeben.

Die Astdurchmesser in den Weitverbänden stehen also im Kulturstadium bzw. kurz danach in der gleichen Abhängigkeit von der Stammzahlhaltung wie in den vergleichbaren älteren Dickungen gleicher Stammzahlhaltung.

Wir sehen darin eine Bestätigung für die Richtigkeit unserer Arbeitshypothese, daß die Astdurchmesser primär vom Standraum und damit indirekt auch von der Stammzahlhaltung beeinflußt werden. Sie können niemals als eine Funktion der Schafthöhe betrachtet werden.

Interessant ist außerdem der Befund, daß sich die maximalen Astdurchmesser auch durch höhere Pflanzenzahlen bei der Kultur offensichtlich nicht unter 10 - 15 mm drosseln lassen.

Inwieweit regional standörtlich bedingte Unterschiede noch mitspielen, läßt sich an diesem Material nicht sicher feststellen. Die Kiefern haben aber — wenn auch nicht gesichert — im Raum Karlsruhe etwas stärkere Äste als im Raum Mannheim. Das standortsbedingte Bonitätsgefälle von Karlsruhe gegen Mannheim läßt ein Nachlassen des Schattenerträgnisses vermuten. Dies mag zu geringerer Differenzierung zwischen den Bäumen führen, womit die Unterschiede erklärt werden könnten.

Zusammenfassend können wir sagen, daß die durchschnittlichen maximalen Astbasisdurchmesser der beiden Gruppen 1 und 2 bei einer Stammzahlhaltung

von 5.000 Kiefern je ha ca. 29 bzw. 23 mm
von 10.000 Kiefern je ha ca. 23 bzw. 19 mm
von 15.000 Kiefern je ha ca. 16 bzw. 16 mm

betragen.

### *b) Astbasisdurchmesser in verschiedenen Schafthöhen*

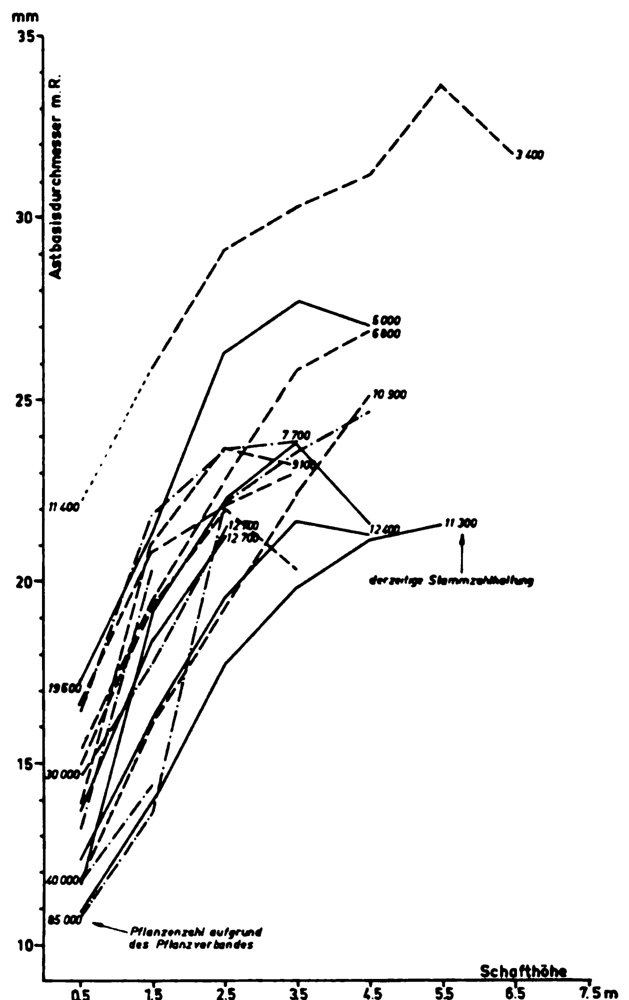
In Abbildung 2a (Gruppe 1) und 2b (Gruppe 2) sind feldweise die mittleren maximalen Astbasisdurchmesser über der zugehörigen Schafthöhe aufgetragen.

Erwartungsgemäß nehmen die Astbasisdurchmesser mit der Schafthöhe zu, weil mit der Bestandeshöhe der Wuchsraum des Einzelbaumes zunimmt bzw. die Stammzahlhaltung je ha zurückgeht.

Die vorliegenden Abbildungen zeigen darüber hinaus aber einen bemerkenswert großen Fächer von Kurven. So lassen sich beispielsweise Astdurchmesser von 20 mm in allen Schafthöhen finden ebenso wie in bestimmten Schafthöhen auch recht verschiedene Astdurchmesser. Eine Beziehung zwischen Astdurchmesser und Schafthöhe kann also allenfalls innerhalb eines Feldes abgeleitet werden. Trägt man aber in die Abbildung die uns bekannten 2 Stammzahlhaltungswerte, also die Anfangsstammzahl und die Endstammzahl zum Untersuchungszeitpunkt ein (an den linken und rechten Kurvenenden), so bestätigt sich erneut unsere Arbeitshypothese, daß die Astbasisdurchmesser primär eine Funktion des Standraumes sind und mit abnehmender Stammzahlhaltung zunehmen. Dabei ist die Schafthöhe vollkommen unbedeutend. Denn es finden sich beispielsweise in allen Schafthöhen der Gruppe 1 maximale Astbasisdurchmesser von 21 mm, wenn die Stammzahlhaltung etwa 12.000 Kiefern je ha beträgt (Abbildung 2a), was auch aus Abbildung 1 bereits hätte abgeleitet werden können.

Die z. T. starke Krümmung der rechten Kurvenabschnitte erscheint zunächst unverständlich, denn es ist nicht vorstellbar, daß der maximale Astdurchmesser herrschender Bäume mit der Schafthöhe wieder abnimmt. Ein mit der Schafthöhe abnehmender Astdurchmesser kann nur an in den Zwischenstand und Unterstand tretenden Kiefern gefunden werden. Die Ursache für diesen widersinnigen obersten Kurvenverlauf liegt in dem Umstand, daß die Protzen und starkästigen Bäume innerhalb einer Gruppe in der Regel auch größere Standräume und tiefer ansetzende Kronen haben. Da keine grünen Äste gemessen wurden, sind diese Bäume in der Mittelberechnung höherer Schaftbereiche kaum noch vertreten. Die Mittelwerte für die höheren Schaftbereiche beruhen also nicht mehr auf den gleichen soziologischen Baumklassen sondern zunehmend nur noch aus mitherrschenden bzw. zwischenständigen Kiefern.

Dies geht aus Abbildung 3 hervor, in welcher die Einzelwerte innerhalb der Gruppe 1 des Feldes 1 dargestellt sind. Die Ast-



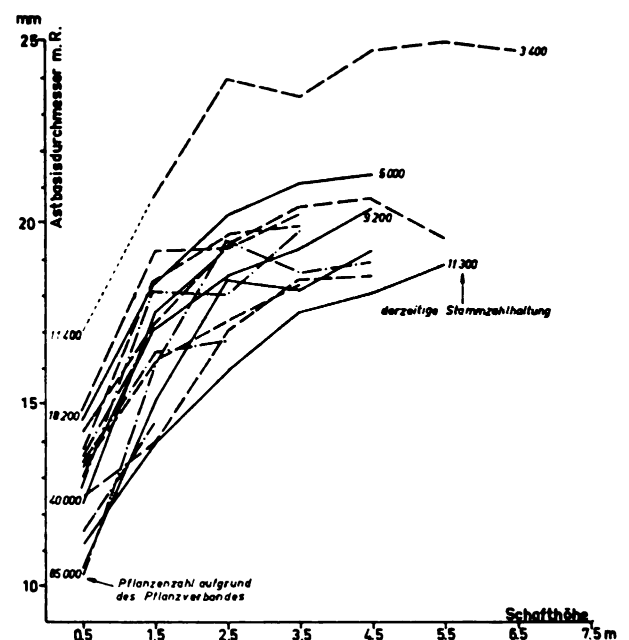




Abb. 2

*Mittlerer maximaler Astbasisdurchmesser über der Asthöhe am Schaft bei der Gruppe 1 mit den 500 stärksten Kiefern je ha (Abb. 2a) und bei der Gruppe 2 mit den 501 - 2000 stärksten Kiefern je ha (Abb. 2b)*

Bei einem Vergleich der Stammzahlhaltungswerte wird deutlich, daß der Astdurchmesser nicht primär eine Funktion der Schafthöhe sondern nur eine Funktion des Standraumes sein kann. So finden sich bei einer Schafthöhe von 5 m bei geringerer Stammzahlhaltung höhere Astdurchmesser bzw. bei einem Vergleich von links nach rechts (also bei einem Vergleich von verschiedenen Schafthöhen) bei gleicher Stammzahlhaltung gleiche Astdurchmesser.

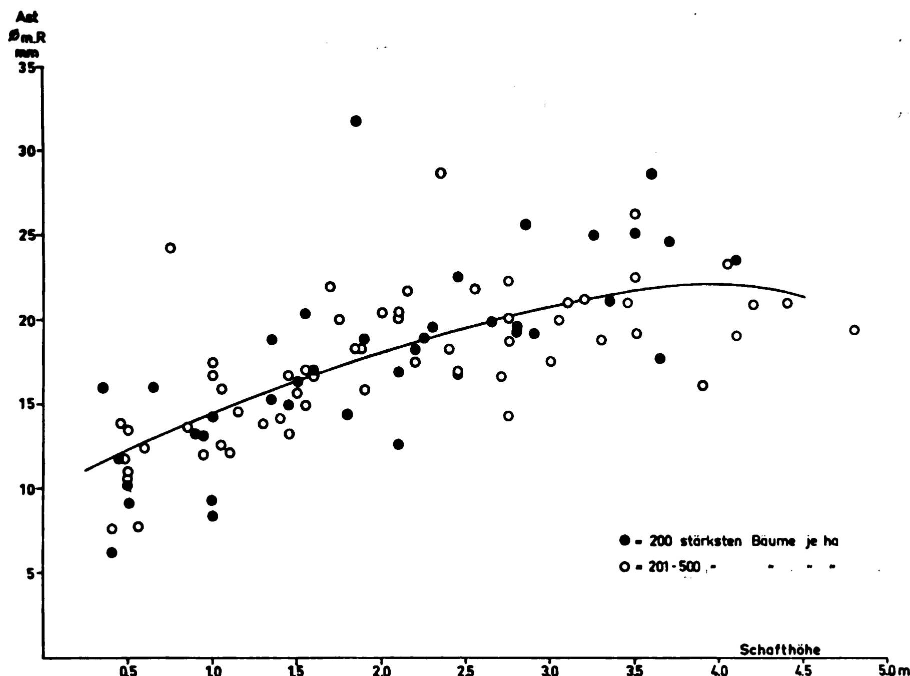



Abb. 3
*Basisdurchmesser des stärksten Astes je Quirl der 500 stärksten Kiefern je ha in Feld 1*
Da keine grünen Äste gemessen wurden, sind die vorherrschenden Kiefern mit zumeist auch etwas tiefer ansetzenden Kronen im höchsten Schaftbereich nicht mehr vertreten, so daß die Ausgleichskurve in diesem Bereich nicht mehr repräsentativ ist.

durchmesser der 200 stärksten Bäume verlieren sich im rechten Teil des Streubildes, wodurch die Mittelwertkurve entsprechend absinkt und in diesem Bereich nicht mehr als repräsentativ gelten kann.

### c) *Astbasisdurchmesser in Funktion von Stammzahlhaltung, Brusthöhendurchmesser und Schafthöhe*

Aufgrund der gefundenen Tatbestände lag es nahe, einerseits anstelle einer Gruppenbildung nach 500 stärksten und 501 - 2.000 stärksten Kiefern den jeweiligen Einzelbaum-Brusthöhendurchmesser und andererseits anstelle des stärksten Astes unter der grünen Krone den überhaupt stärksten Ast eines Baumes wie auch die Höhe dieses Astes am Schaft mit Hilfe der multiplen Regressions- und Korrelationsanalyse zueinander in Beziehung zu setzen.

Ausgehend von den in Tabelle 2 beschriebenen Merkmalen wurde zunächst die Korrelations-Matrix berechnet (Tabelle 3). Aus dieser Tabelle lassen sich die einfachen Korrelationskoeffizienten zwischen jeweils 2 Merkmalen entnehmen. Die hierbei auftretenden Tendenzen entsprechen im wesentlichen dem bisher festgestellten Sachverhalt. Da es sich um substitutive biologische Zusammenhänge handelt, war mit entsprechenden Interkorrelationen zwischen den Variablen zu rechnen.

Zur funktionalen Beschreibung des Zusammenhangs:
Stärkster Astdurchmesser = f (Asthöhe am Schaft, $d_{1.3}$, N/ha) wurden verschiedene mathematische Modelle mit Hilfe der multiplen linearen Regressionsanalyse durchgerechnet. Ein als erster empirischer Ansatz getestetes lineares Modell brachte mit einem Bestimmtheitsmaß von B = 53 % und einem Restfehler von $s_R$ = 4.6 mm noch recht unbefriedigende Werte. Aus einer größeren Zahl von Regressionsansätzen, die außer den Primärvariablen auch verschiedene Funktionen der primären Meßgrößen berücksichtigten, wurde schließlich folgende „beste" Gleichung mit signifikanten unabhängigen Variablen ausgewählt:

Tabelle 2
**Variablenbenennung und statistische Maßzahlen**
(n = 725)

| Merkmal | Maßeinheit | Variable | Nr. d. Variable | arithm. Mittelwert | Standardabweichung |
|---|---|---|---|---|---|
| Stärkster Astbasis-Durchmesser pro Baum | mm | y | 1 | 24,9 | ± 6,66 |
| Schafthöhe | m | $x_1$ | 2 | 3,2 | ± 1,49 |
| Brusthöhendurchmesser $d_{1.3}$ | cm | $x_2$ | 3 | 10,1 | ± 3.11 |
| Stammzahl pro ha | Stück | $x_3$ | 4 | 8547 | ± 3599 |

Tabelle 3
**Matrix der einfachen linearen Korrelationskoeffizienten**

| 1 | 2 | 3 | 4 | Nummer der Variable |
|---|---|---|---|---|
| + 1,00 | + 0,38 | + 0,63 | — 0,65 | 1 |
| | + 1,00 | + 0,45 | — 0,59 | 2 |
| | | + 1,00 | — 0,56 | 3 |
| | | | + 1,00 | 4 |

$$AD = 6.8606 - 0.7194\,AH + 2.8411\,BD_{1.8} - 0.0449\,BD_{1.3}^2 - 0.0004\,N/ha.$$

Für diese Schätzfunktion gelten folgende statistische Maßzahlen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Multipler Korrelationskoeffizient | R | = 0,799 | |
| Multiple Bestimmtheit | B | = 64 | % |
| Restfehler absolut | $S_R$ | = 4.0 | mm |
| Restfehler prozentual | $S_R$ | = 16.1 | % |

Weitere statistische Kennzahlen zur Beurteilung der Signifikanz der Regressionskoeffizienten sind in Tabelle 4 enthalten.

Eine nochmalige Verbesserung der Schätzfunktion durch Einführung von Kreuzprodukten zur Berücksichtigung der zwischen den Variablen teilweise bestehenden Wechselwirkungen ist zwar möglich. Berücksichtigt man aber die recht problematische Datengewinnung, so scheint das hier formulierte Schätzmodell ein brauchbarer Kompromiß zu sein. Die Schätzfunktion in der hier beschriebenen Form ist als Erklärungsmodell zur kausalen Deutung der Einflußgrößen auf die Zielgröße selbstverständlich nicht geeignet. Denn Brusthöhendurchmesser und Astdurchmesser können nur solange einigermaßen gut korrelieren, solange die Zeitspanne der

Tabelle 4
**Statistische Maßzahlen und F-Werte zur Beurteilung der Aststärkengleichung**

| Variable | Fehler des Regressions-koeffizienten | F-Wert für Einschluß | Ausschluß der Variablen | Multiples Bestimmtheitsmaß (%) und multipler Korrelationskoeffizient bei Einschluß der Variablen |
|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | ± 0,12833 | 31,4 | 31,4 | $x_1$, $x_2$, $x_2'$, $x_3$ → 63,9 → 0,80 |
| $x_2$ | ± 0,14705 | 150,2 | 373,3 | $x_2$, $x_4$ → 52,5 → 0,72 |
| $x_2'$ | ± 0.00303 | 187,6 | 220,6 | $x_2$, $x_2'$, $x_3$ → 62,3 → 0,79 |
| $x_3$ | ± 0,00006 | 536,7 | 37,6 | $x_3$ → 42,6 → 0,65 |

$(x_2' = x_2^2)$

Astbildung sich in etwa mit der Zeitspanne der Holzbildung in 1,30 m Schafthöhe deckt. Dies ist aber nur in der Jugendphase der Fall. Innerhalb eines Bestandes bestimmter Stammzahlhaltung kann jedoch insofern eine gewisse Beziehung zwischen Astdurchmesser und Brusthöhendurchmesser erwartet werden als — wie oben dargelegt — der stärkere Baum in der Regel auch den größeren Standraum einnimmt.

Die hier gefundene Funktion zur Abschätzung des Astdurchmessers ist als eine reine Schätzfunktion zu verstehen und darf nicht als eine Erklärungsfunktion aufgefaßt werden. Diese Schätzfunktion gilt schließlich nur im Bereich des durch die Stichprobennahme belegten und repräsentierten Rahmens.

### 4. Zusammenfassung und waldbauliche Folgerungen

In 16 Kiefern-Dickungen der nordbadischen Rheinebene wurde die Abhängigkeit des Astdurchmessers vom Standraum und der Stammzahlhaltung nachgewiesen.

Selbst unter den ungünstigsten Voraussetzungen, daß die Gefahren durch Pilze, Insekten und mechanische Beschädigungen nicht mit Sicherheit vermieden werden könnten und zur Erreichung astreinen Holzes nur die Trockenästung praktiziert würde, genügen Ausgangspflanzenmengen von 10 - 15.000 Kiefern je ha (Abb. 1), weil auch bei diesen Verbandsweiten die maximalen Astdurchmesser der auszuwählenden Zukunftsbäume mit 20 mm noch in vertretbaren Dimensionen bleiben.

### Summary


Title of the paper: *Stand density and branch diameters in the Rhine-Valley Scots pine.*

Studies in 16 Scots pine stands at thicket stage in the Baden Rhine valley produced evidence of a linear relationship between density (in 1000 stems per ha = x) and the mean maximum diameter of the branch base (in mm = y) for the 500 trees with largest diameter bh

$$y_1 = 37.07 - 1.4183\ x,$$

and for the 501 - 2000 trees with largest diameters bh

$$y_2 = 27.10 - 0.7648\ x,$$

with a variance of the means of 17 % and 10 % respectively.

Initial densities of 10,000 to 15,000 trees are sufficient in Scots pine even under the most unfavourable conditions (risk of fungal, insect or mechanical damage cannot be eliminated, only dry-pruning is admitted) because at the corresponding spacings branch diameters of the eventually selected future crop trees will not exceed 20 mm, which is admissable. E. F. Br.


### Résumé


Titre de l'article: *Densité des peuplements et diamètre des branches chez les pins sylvestris de la Vallée du Rhin.*

Dans 16 peuplements de pin sylvestre au stade fourré de la vallée du Rhin, dans le nord du Pays de Bade, on a étudié la corrélation entre le diamètre des branches et l'«espace vital» des arbres ou la densité du peuplement (exprimée par le nombre de tiges à l'ha).

On a obtenu (tableau 1) les relations linéaires suivantes entre:

y = moyenne des diamètres maximaux de la base des branches exprimée en mm

x = nombre de tiges à l'ha, l'unité étant le millier de tiges.

— pour les 500 plus gros arbres:

$$y_1 = 37{,}07 - 1{,}4183\ x$$

— du 501 au 2000ème arbre, d'après le diamètre

$$y_2 = 27{,}10 - 0{,}7648\ x$$

avec des erreurs sur les valeurs moyennes respectivement de 17 % et 10 %.

Même dans les conditions défavorables où les risques d'attaques de champignons et d'insectes ainsi que les dégâts mécaniques ne peuvent être évités avec certitude, et qui imposent de pratiquer l'élagage de branches sèches, il suffit d'avoir au départ de 10 à 15 000 tiges à l'ha, car avec l'écartement correspondant, le diamètre maximal des branches des sujets à choisir comme arbres d'avenir, qui est de l'ordre de 20 mm, reste dans les limites acceptables. J. M.


### Literatur


Altherr, E., und Zundel, R.: „Das Karlsruher Wasserwerk Hardtwald aus forstlicher Sicht" Teil I. AFJZ, Heft 10/11, S. 237 - 261, 1966. — Altherr, E.: „Das Karlsruher Wasserwerk Hardtwald aus forstlicher Sicht" Teil II. AFJZ, Heft 10, S. 213 - 226, 1969. — Abetz, P.: „Erste Ergebnisse aus Stammzahlreduzierungsversuchen in Fichten- und Kiefern-Jungbeständen". AFZ, Heft 33, S. 565 - 568, 1967. — Andersson, S.: Pruning investigations, II. Pruning in Scots Pine Research Notes Nr. 15, Stockholm. Department of Forest Yield Research, 1967. — Bol, M.: Cleaning of Pine stands with high stem numbers. So-Druck, Holland, 1968. — Brown, G. S.: Branch Diameter, Green Crown Depth and Stand Density in Radiata Pine in Spacing Trials in Ashley Forest, 1966. — Knigge, W., und Schulz, H.: Grundriß der Forstbenutzung". S. 233. Verlag Parey, Hamburg - Berlin, 1966. — Loycke, H. J.: „Rationelle Jugendpflege der Kiefer". Forst- und Holzwirt vom 23. 11. 65, 1965. — Lücke, OFm.: „Grünästung der Kiefer". Forst- und Holzwirt vom 23. 10. 68, 1968. — Mathieu, J. H.: „Einfluß von Pflanzenverband und Herkunft auf das Wachstum der Kiefer im Versuch Bremervoerde", Dissertation 1967, Hann. Münden, 1967. — Merkel, O.: „Der Einfluß des Baumabstandes auf die Aststärke der Fichte". AFJZ, S. 113 - 125, 1967. — Mitscherlich, G.: „Untersuchungen über das Wachstum der Kiefer in Baden". Heft 12 der Schriftenreihe der Badischen Forstl. Versuchsanstalt, Freiburg, 1956. — Solymos, R.: Die Rationalisierung der Kulturpflege und Reinigung der Kiefer". cit.: in Ungar. Agrar-Rundschau 4/1968, S. 22, Nr. 894, 1967. — Troeger, R.: „Kiefernprovenienzversuche". AFJZ, S. 49 - 59 und 81 - 93, 1960. — NN: Niederschrift über eine Bereisung zur Überprüfung der Kiefernwirtschaft in der nordbadischen Rheintalebene. Forstdirektion Nordbaden vom 8. 1. 1968.

# Vorläufige Ergebnisse von 2 Düngungsversuchen in Kiefern-Buchen-Kulturen auf streugenutzten Bundsandsteinböden des Pfälzer Waldes

(Aus den Instituten für Forstliche Ertragskunde und Bodenkunde der Universität Freiburg i. Br.)

(Mit 3 Abbildungen und 10 Tabellen)

Teil B (Schluß)

Von K. G. Kern und W. Moll

## V. Interpretation und Diskussion der Versuche und ihrer vorläufigen Ergebnisse

### *1. Höhe und Kombination der Düngergaben*

#### a) STICKSTOFF

Die Stickstoffgabe betrug beim Harnstoffdüngungsversuch (II 3c[1]) 184 kg/ha Rein-N und beim Nitrophoska-Versuch (II 8b[2]) 120 kg/ha Rein-N. Nach den im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Forstdüngung durch Hausser (1969) zusammengestellten Empfehlungen sollte sich die N-Zufuhr je nach örtlichen Gegebenheiten in einem Rahmen von 50 - 300 kg/ha bewegen. Für Kulturen werden 50 - 100 kg/ha empfohlen. Eine Auswertung erfolgreich verlaufener Düngungsversuche in Ki-Kulturen (Baule 1960, 1961, 1964; Brüning 1959, 1961, 1963, 1964, 1966; Gussone 1963; Hausser 1964; Heinsdorf 1964; Krauss 1962; Mayer-Krapoll 1950; Themlitz 1965) ergab, daß bei mehr als der Hälfte der Versuche zwischen 120 und 200 kg/ha N zugeführt wurden. Unsere Dosierungen der Stickstoffgaben liegen somit innerhalb des üblichen Rahmens. Die Stickstoffgabe in Form von Harnstoff wurde bewußt um ca. 50 % höher angesetzt, um die pro kg Rein-N erwartete geringere Wirksamkeit zu kompensieren (vgl. $V_3$).

#### b) PHOSPHOR

Die Phosphorzufuhr betrug beim Harnstoffversuch (II 3c[1]) 280 kg/ha $P_2O_5$ bzw. 122 kg/ha P und beim Nitrophoska-Versuch (II 8b[2]) 120 kg/ha $P_2O_5$ bzw. 52 kg/ha P.

Hausser (1969) gibt als Rahmen für die Phosphatdüngung 150 - 200 kg/ha $P_2O_5$ an. Die Phosphorgaben der im vorigen Abschnitt genannten Autoren lagen überwiegend zwischen 185 und 285 kg/ha $P_2O_5$. Auf eine Angleichung der Phosphorzufuhr beim NPK-Versuch durch weiteren Phosphatzusatz an das Niveau des Harnstoffversuchs wurde verzichtet, da davon ausgegangen werden konnte, daß Hyperphos im Vergleich zu (NPK) eine langsamer fließende Phosphorquelle sein würde.

Grundsätzlich messen wir — wie Ulrich (1968) — einer wirklich optimalen Phosphatversorgung auf längere Sicht eine besondere Bedeutung für die Meliorierung von Koniferenstandorten mit gehemmter Streuzersetzung und schleppender Humusmineralisation bei. Aus diesem Grunde sollte in vielen Fällen, insbesondere bei der Startdüngung, die Phosphatgabe reichlich bemessen werden, zumal Überdüngungseffekte weniger zu befürchten sind als bei anderen Kernnährstoffen. Wir halten daher 200 kg $P_2O_5$ als Obergrenze für zu knapp bemessen.

#### c) KALZIUM

Durch die Hyperphos-Grunddüngung wurden beim Harnstoffversuch (II 3c[1]) ca. 150 kg/ha $CaCO_3$ bzw. 60 kg/ha Ca und beim Nitrophoska-Versuch (II 8b[2]) durch Kalkmergelvordüngung ca. 1700 kg/ha $CaCO_3$ bzw. 680 kg/ha Ca zugeführt. Hausser (1969) gibt als Rahmenwerte 1000 - 2000 kg/ha CaO an, das entspricht einer Menge von 1785 - 3570 kg/ha $CaCO_3$.

Die Kalziumzufuhr bei den hier diskutierten Versuchen lag somit beim Harnstoffversuch erheblich und beim Nitrophoska-Versuch knapp unter den empfohlenen Mengen. Für diese vorsichtige Dosierung gab es zwei Gründe: a) die bekannte Empfindlichkeit der Kiefer gegenüber einem zu hohen Kalziumangebot (Baule-Fricker 1967), b) das Bestreben, die Mineralisierung des vorhandenen Humuspotentials nicht zu sehr zu forcieren. Eine stärkere Kalkmergelzufuhr beim Nitrophoska-Versuch hätte wahrscheinlich auch der Buche zunächst keine wesentlichen Vorteile gebracht. Die ursprünglich niedrigeren pH-Werte (um 3) wurden durch die Hyperphosgabe kaum beeinflußt. Durch den Kalkmergel wurde hingegen in den Balkenreihen der Wert auf pH 5 angehoben.

#### d) KALIUM + MAGNESIUM (PATENTKALI)

In Form von Patentkali wurde beim Harnstoffversuch (II 3c[1]) sowohl Kalium als auch Magnesium bzw. beim Nitrophoskaversuch (II 8b[2]) Kalium als Bestandteil des Nitrophoska-blau und Magnesium als Bestandteil des Kalkmergel zugedüngt.

Auf Grund der Voruntersuchungen konnte bei der Planung der Düngeversuche von einer ausreichenden Versorgung des Standortes mit diesen Nährstoffen ausgegangen werden. Da in der Literatur (Baule-Fricker 1967) jedoch der hohe Bedarf der Ki an diesen Nährelementen hervorgehoben wird, erschien zunächst bei einigen Versuchsgliedern die Anlage einer Sicherheitsreserve dieser Elemente ratsam. So wurden beim Harnstoff + Patentkaliversuch 140 kg/ha $K_2O$ bzw. 116 kg/ha K und 50 kg/ha MgO bzw. 30 kg/ha Mg zugeführt.

Beim Nitrophoska + Kalkmergelversuch waren es 170 kg/ha $K_2O$ bzw. 141 kg/ha K und 260 kg/ha MgO bzw. ca. 160 kg/ha Mg (bei Kalkmergel unterliegt das Verhältnis vom Magnesium zum Kalziumkarbonat gewissen Schwankungen).

Hausser (1969) gibt als Richtwerte für Kaliumdüngung 100 - 180 kg/ha $K_2O$ an. Ein Teil der oben genannten Autoren berichtet auch über Magnesiumdüngungsversuche; die zugeführten Mengen lagen im Durchschnitt bei 130 kg/ha MgO.

Entsprechend den ertragskundlichen und nadelanalytischen Ergebnissen wäre eine vorsorgliche K + Mg-Düngung zur Kompensierung von stärkeren Verdünnungseffekten nicht erforderlich gewesen. Durch die Patentkaligabe wurde jedoch beim Harnstoffversuch die Entwicklung der Assimilationsorgane zusätzlich gefördert und dadurch die Gesamtwirkung der Düngung etwas erhöht.

### *2. Auswirkung der Düngung auf das Wachstum der Kulturen*

Zweck der im Rahmen dieser Arbeit näher untersuchten Düngemaßnahmen war es — wie einleitend erwähnt —, auf unseren streugenutzten Buntsandsteinböden bereits begründete Ki-Bu-Kulturen rasch aus der gefährdeten bodennahen Zone herauswachsen zu lassen, um damit ohne teure Nachbesserungen zu gleichmäßig geschlossenen Dickungen zu kommen. Dies ist — ohne Düngung — auf vielen unserer Standorte erfahrungsgemäß ebenso wenig zu erreichen wie die Erhaltung einer ausreichenden Bu-Beimischung.

Die vorläufige Versuchsauswertung hat nun gezeigt, daß dieses Ziel mit allen hier erprobten Düngerkombinationen erreicht werden kann, was die Richtigkeit der Voruntersuchungen (Boden- und Nadelanalysen) und die auf Grund ihrer Ergebnisse bei der Versuchsanlage angestellten Überlegungen bestätigt.

Ähnlich wie auf den Buntsandsteinböden des Nordschwarzwaldes (Hausser 1958, 1960) kommt offensichtlich auch auf unseren Standorten einer zusätzlichen Kaligabe (zu N und P) für die Zuwachssteigerung nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

Die Förderung des Höhenzuwachses der Ki liegt im Rahmen der aus der Literatur bekannten, durch gezielte Düngung erreichbaren Steigerungsraten gegenüber unbehandelten Vergleichsflächen (z. B. WITTICH 1958, GUSSONE 1963, 1964, BAULE-FRICKER 1967, LANZ 1969) wobei allerdings die auf besonders armen Standorten erzielten „Rekord"-Werte von zum Teil mehr als 50 % in unserem Falle nicht erzielt wurden. Die Erfahrung von WITTICH (1958) und KRAUSS (1963), daß sich bei der Ki eine verbesserte Nährstoffversorgung auf das Dickenwachstum stärker als auf das Höhenwachstum auswirkt, fand sich bisher in der VR II 3c¹ (O, NP, NPK) bestätigt, nicht jedoch in der VR II 8b² (0, NPKCa) bei der das Umgekehrte zu beobachten war (vergl. Tab. 10).

Nachdem bei einer Kulturdüngung der Förderung des Höhenwachstums die primäre Bedeutung zukommt, verdient die NPKCa-Variante in der vorliegenden Form (Nitrophoska blau-extra + Kalkmergel) mit der höchsten hier beobachteten Höhenzuwachssteigerung (bisher + 36 % gegenüber 0) eine gewisse Beachtung. Dort bestätigt sich auch die auf Grund zahlreicher Versuche bei BAULE-FRICKER (1967) getroffene Feststellung, daß die Bu sehr positiv auf eine Ca-betonte NPK-Zufuhr reagiert. Es bleibt dabei nur abzuwarten, ob nicht die besonders starke Förderung der Bu in den kommenden Jahren schwer lösbare Pflegeprobleme — Schutz der Ki gegenüber der vorwüchsigen Bu — aufwirft und das angestrebte Verjüngungsziel gefährdet.

Daß hohe Ca-Gaben bei Ki unerwünschte Nebeneffekte zeitigen können, hat auch SEIBT (1962) festgestellt. Er fand bei starker Ca-Düngung — seines Erachtens durch zu intensive N-Mobilisierung bedingt — eine Förderung der Grobastbildung und des Protzenwuchses. Wir stoßen hier auf einen Punkt, der die Düngung von Ki-Kulturen, die später der Wertholzzucht dienen sollen, problematisch erscheinen läßt. Denn auch bei unseren Untersuchungen hat sich gezeigt, daß gedüngte Kiefern im Flächendurchschnitt eine größere Zahl und dickere Äste aufweisen als ungedüngte (vergl. Tab. 6).

Bei der engen Korrelation zwischen Gesamthöhe und Aststärken (vergl. Tab. 7) ist dies aber offensichtlich ein Effekt, wie er allgemein bei besseren Höhenbonitäten der Ki auftritt und am besten durch Astung beseitigt wird. Für unsere Standorte darf jedenfalls gesagt werden, daß ohne gezielte Düngung vielfach lückige Dickungen entstehen, deren natürliche Astreinigung nur in den dichten Partien befriedigen kann und eindeutig mit einer geringen Wuchsleistung erkauft werden muß. Der viel bessere Dickungsschluß in den gedüngten Parzellen (vgl. Text S. 219 und GUSSONE 1963) erklärt auch die Tatsache, daß Kiefern gleicher Höhenstufen dort eher dünnere Äste haben als in den 0-Flächen (Tab. 7).

Unter diesen Gesichtspunkten sowie im Hinblick auf die positiven Wirkungen einer Laubholzbeimischung (WITTICH 1956) halten wir auf den hier untersuchten Standorten eine vorsichtig dosierte, wenigstens die beiden Nährelemente N und P enthaltende Kulturdüngung auch in künftigen Wertkieferbeständen nicht nur für vertretbar, sondern sogar für notwendig, es sei denn, die Meliorationsmaßnahmen haben — wie etwa bei KERN-LANZ-MOLL (1970) beschrieben — bereits im Vorbestand stattgefunden.

Hier spielt die Frage der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen möglichen Meliorationsmaßnahmen eine ausschlaggebende Rolle, ein Problem, das in einer in Kürze folgenden Veröffentlichung ausführlich behandelt werden soll.

### 3. *Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen auf den Boden*

#### a) VR II 3c¹ (0 — NP — NPK)

Wie bereits mitgeteilt, führte die *Harnstoffdüngung in Verbindung mit einer Hyperphosgabe* zu einem forcierten Abbau des Humusvorrates, wobei sich trotz N-Zufuhr in den Balken der Stickstoffvorrat ebenfalls drastisch verringerte (um 39 %).

Damit bestätigte sich die bereits durch andere Autoren hervorgehobene abbauende Wirkung von Harnstoff auf Rohhumusakkumulationen (JUNG 1958, 1961; SEIHER 1963). Andererseits ist Harnstoff als reiner Amiddünger zwar eine u. U. schnell fließende und rasch wirksame Stickstoffquelle (GUSSONE 1964, BAULE u. FRICKER 1967), seine Wirkungsdauer ist jedoch in Gegenwart von ungünstigen Waldhumusformen begrenzter als die anderer Stickstoffdünger, und die freigesetzten Stickstoffmengen werden fast ausschließlich in Ammoniumform angeboten (ROBERG u. KNOWLESS 1966). Dieses Ammonium-N-Angebot kann jedoch bei den hier zur Diskussion stehenden Versuchsflächen und in ähnlich gelagerten Fällen bei vorgegebenen relativ niedrigen pH-Werten nicht optimal verwertet werden. Andererseits steht einer Anhebung der pH-Werte auf pH 5 - 6 durch starke Aufkalkung die Empfindlichkeit der Kiefer gegen zu hohe Kalkgaben gegenüber.

Die Harnstoffdüngung bewirkte ferner eine Verringerung der pflanzenverfügbaren und nicht direkt pflanzenverfügbaren Kaliumvorräte im Boden. Bei der gegebenen guten Kaliumversorgung war dieser Effekt ohne Einfluß auf den Pflanzenwuchs. Er könnte jedoch bei primär schwach mit Kalium versorgten Standorten an Bedeutung gewinnen. Das direkt pflanzenverfügbare Angebot an den übrigen Kernnährstoffen (Ca, Mg, P) erhöhte sich beträchtlich, wobei insbesondere die erhöhte Löslichkeit des in der NP-Variante nicht gedüngten Elementes Magnesium um über 40 % die allgemein mobilisierende Wirkung des Harnstoffes kennzeichnet.

Der *Zusatz von Patentkali wirkte* (mit Ausnahme des Kaliums) auf alle bisher geschilderten Effekte verstärkend; d. h. Humus und Gesamtstickstoffvorräte wurden in den Balken noch kräftiger reduziert, und die Angebote an Ca, Mg und P erhöhten sich noch stärker. Die Kaliumzufuhr hatte nun auch eine Erhöhung der extrahierbaren Kaliummengen zur Folge.

Da *Phosphor* ganz überwiegend auf organische Bindungs- bzw. Austauschmöglichkeiten angewiesen ist, wurde durch die Düngungsmaßnahmen das Löslichkeitsangebot dieses Elements in den Balken naturgemäß stärker verbessert als in den humusarmen Pflanzenreihen.

*Die Auswirkungen der beiden Düngungsvarianten (NP u. NPK) zeigen deutlich, daß praktisch jede Düngungsmaßnahme Nebenwirkungen auf nicht zugeführte Nährstoffe zur Folge hat, deren Größenordnungen oft schwer abzuschätzen sind und vielfach unterschätzt werden.*

Die stimulierende Wirkung des Harnstoffes zumindest auf das Angebot an Magnesium, das bei der Variante ohne Patentkaligabe nicht durch Düngung zugeführt wurde, ist bereits ebenso wie die depressive Wirkung auf das Kaliumangebot erwähnt worden. Inwieweit diese Änderungen auf die Zufuhr von Hyperphos zurückzuführen sind, wird in einer weiteren Publikation diskutiert. Es kann jedoch bereits hier mitgeteilt werden, daß die stimulierende Wirkung des Harnstoffs bei weitem überwiegt, insbesondere auch in Hinblick auf die Reduzierung des Kaliumangebotes.

Die Patentkali-Gabe zeigte ebenfalls Nebenwirkungen. Dies wird insbesondere durch die Änderung des Kalzium- und Phosphorangebots im Vergleich zur Harnstoffdüngung ohne KMg-Zusatz deutlich.

#### b) VR II 8b² (0 — NPKCa)

*Durch die Düngerkombination NPK+CaMg wurde das pflanzenverfügbare Angebot der Elemente Kalzium, Magnesium, Kalium und Phosphor kräftig erhöht.*

Vor allem in den Balken lagen die Extraktionsraten dieser Elemente weit über den Werten der Harnstoff-Düngungsversuche. Der Abbau der Humusvorräte der Balken vollzieht sich weitaus schonender (Abbaurate 12 %) als unter Harnstoffeinfluß. Im Gegensatz zur Harnstoffdüngung trat vor allem keine Verringerung der Stickstoffvorräte, sondern eine Erhöhung um 4 % ein.

Es kann in vorliegendem Falle unterstellt werden, daß die Kulturpflanzen bei der Nährstoffaufnahme in erheblichem Maße an den Nährstoffmengen partizipieren, die in den Balken durch die Düngungsmaßnahmen in leicht löslicher Form deponiert wurden und die darüber hinaus durch den Mineralisationsprozeß der Humusmasse freigesetzt werden. Aus dieser Perspektive ist eine sehr hohe Abbaurate der Humusvorräte der Balken, wie sie die Harnstoffdüngung zur Folge hatte, weniger erwünscht.

Für den relativ langsamen Wachstumsprozeß von Kulturen ist es ökonomischer, wenn die Nährstoffspende einigermaßen dem Bedarf angepaßt ist, damit nicht unwiederbringlich große Nährstoffmengen durch Auswaschung verloren gehen, weil sie einfach in der freigesetzten Menge pro Zeiteinheit durch die Kulturpflanzen nicht verwertet werden können.

### 4. *Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen auf Gewicht, Volumen und Nährstoffgehalt der Nadeln*

#### a) VR II 3c[1] (0 — NP — NPK)

Wie bereits oben dargelegt wurde, mußte insbesondere die Phosphorversorgung der Kulturen verbessert werden; außerdem lagen die Stickstoff- und Magnesiumkonzentrationen in den Nadeln der 0-Parzellen unterhalb des Optimalbereiches.

Durch die — hoch dosierte — Harnstoffgabe wurde mit Patentkalizusatz die Stickstoffkonzentration zwar angehoben, erreichte jedoch nicht optimale Werte. Durch die Phosphatzufuhr in Form von 10 dz/ha Hyperphos wurde auch die Phosphorkonzentration in den Nadeln über die Mangelgrenze hin angehoben, jedoch ebenfalls nicht bis in den Optimalbereich.

Eine Anhebung der Magnesiumvorräte in den Nadeln gelang in dem erwünschten Maße durch die zusätzliche Patentkalidüngung. Im Jahre 1969, also 2 Jahre nach der letzten Harnstoffzufuhr und 4 Jahre nach der Patentkalidüngung, nahm die Wirkung der Stickstoffdüngung geringfügig, die der Magnesiumdüngung jedoch deutlich ab. Bei Phosphor ist hingegen noch keine nachlassende Wirkung feststellbar. Die Verringerung des Kaliumangebotes im Boden nach Harnstoffdüngung wurde auch in allen untersuchten Nadelproben von Harnstoffdüngungsparzellen ohne Patentkaligabe im Jahre 1968 durch eine Depression der Kaliumkonzentrationen ausgewiesen, die wegen der insgesamt hohen Kaliumspiegelwerte jedoch ernährungsphysiologisch nicht ins Gewicht fallen dürfte. Der Effekt der Kaliumdepression nach N-Düngung ist seit längerem bekannt und wurde u. a. durch Brüning (1959), van Goor (1956, 1961), Themlitz (1958/1959, 1963), Themlitz u. Baule (1960) und Wittich (1958 a) beschrieben.

Ohne Patentkalizusatz war die Verbesserung der Stickstoffkonzentration deutlich schwächer; die Werte lagen 1968 sogar unter den Konzentrationen der Nadeln der Nullparzellen.

Daß es sich dabei nicht nur um einen Verdünnungseffekt infolge einer besonders guten Entwicklung der Assimilationsorgane, sondern um einen echten Engpaß handelt, macht ein Vergleich der Trockengewichte und -volumina (Tab. 9) der beiden Harnstoffdüngungsvarianten deutlich. Die Werte für die Nadeln der Parzellen ohne Patentkalizusatz liegen erheblich niedriger, als in den Flächen mit KMg-Düngung. Es herrscht bei den Parzellen ohne KMg-Zusatz offenbar ein Mißverhältnis zwischen der in Gang gesetzten Wuchsförderung und deren erhöhtem Stickstoffbedarf einerseits und dem Stickstoffnachlieferungsvermögen andererseits. Die parallel dazu festgestellte Depression der Nitratstickstoffgehalte könnte darauf hindeuten, daß bei den gegebenen niedrigen pH-Werten des Bodens eine schleppende Nitrifizierung der in Ammoniumform anfallenden Stickstoffanteile des Harnstoffs ein wesentlicher Grund für den Versorgungsengpaß ist.

Evers (1963) konnte in Modellversuchen nachweisen, daß bei konstant gehaltener, optimaler Zufuhr der Elemente P, K, Ca, Mg, Fe, Cl, Si eine reine Ammonium-Stickstoffernährung im schwach bis stark sauren pH-Bereich bei Koniferen zu erheblichen Wachstumsdepressionen im Vergleich zur $NH_4+NO_3$- oder reiner $NO_3$-Ernährung führt.

Evers führt diese Reaktion auf ein durch die einseitige Ammoniumzufuhr gestörtes Kationen/Anionenverhältnis der übrigen Elemente zurück. Als Folge dieser Ernährungsweise verringerten sich in den Nadeln (Picea abies) die Konzentrationen von Kalzium, Kalium, Magnesium und Phosphor erheblich.

In ähnlicher Weise wie die Fichte scheint nach den vorliegenden Ergebnissen auch die Kiefer zu reagieren. Zwar wurde durch die Hyperphosdüngung einer Störung des Kationen/Anionenverhältnisses entgegengewirkt, jedoch anscheinend nicht in ausreichendem Maße.

Nach den Ergebnissen zahlreicher ernährungsphysiologischer Untersuchungen (Bussler 1966 a u. b, Homes 1953, Mengel 1968, Mohr 1969, Rauterberg u. Bussler 1960, Wirths 1968) kann davon ausgegangen werden, daß günstige Ernährungsbedingungen bei einem Kalium : Phosphorkonzentrationsverhältnis von 6,5 - 3,5 : 1 gegeben sind.

Seillac (1962) gibt als optimalen Bereich für Kiefernnadeln ein N:K:P-Konzentrationsverhältnis von 5,5 - 4,0 : 5,0 - 3,5 : 1 an.

Das durchschnittliche N:K:P-Konzentrationsverhältnis der Nadeln beider Harnstoffdüngungsvarianten betrug 1968 jedoch 12-11 : 5-4 : 1. Die trotz Phosphatzufuhr noch vorhandene N:P-Disharmonie ist sehr ausgeprägt. Dies kann jedoch im Gegensatz zu den Befunden von Evers nicht die Hauptursache der diskutierten unterschiedlichen Entwicklung der Assimilationsorgane sein, denn die Unterschiede zwischen den Konzentrationsverhältnissen der Nadeln beider Düngungsvarianten sind ihrerseits minimal.

Übereinstimmend stellten Schachtschabel (1961), Ewing u. Bauer (1966), Petersburgskii u. Kudevavrov (1966), Chu u. Knowles (1966) und Roberge u. Knowles (1966) und Wittich (1961) eine starke Tendenz des Ammoniums zur Fixierung bei niedrigen pH-Werten fest, während der nicht fixierte Anteil sehr leicht austauschbar ist und sehr rasch verbraucht oder ausgewaschen wird.

Michael, Schumacher u. Marschner (1965) weisen darauf hin, daß in der Pflanze durch den schnellen und fast vollständigen Umsatz des aufgenommenen Ammoniums in Eiweiß Wuchsdepressionen und Vergiftungserscheinungen auftreten können, wenn der Kohlehydratanteil sich nicht entsprechend erhöht. Über entsprechende Wuchsdepressionen bei Koniferen, speziell nach stärkerer Harnstoff-, Ammoniakgas- oder Kalkstickstoffdüngung berichten auch Hoffmann (1964), Wittich (1961), Zöttl u. Kennel (1962), Zöttl (1964 a). Die genannten Autoren stimmen ferner in dem Befund überein, daß eine Nitrifikation des angebotenen Ammoniums im Boden praktisch nicht stattfindet, auch nicht bei die Nitrifizierung an sich begünstigenden niedrigen pH-Werten.

Ein wesentlicher Störfaktor bei starker Ammoniumzufuhr scheint demnach die einseitige Verschiebung des Gleichgewichts zwischen Ammonium- und Nitratstickstoff zugunsten des Ammoniums zu sein, das zu einer unökonomischen Ausnutzung des Stickstoffangebots durch die Pflanze, speziell der Koniferen führt. Dieser Effekt ist auch aus den Ergebnissen der Untersuchungen von Evers (1963) abzuleiten, ohne daß dadurch die Bedeutung der von Evers selbst hervorgehobenen Störung des Kationen/Anionenverhältnisses verringert wird.

#### b) VR II 8b[2] (0 — NPKCa)

Die Nachwirkung der Kombination von Kalkmergel+Nitriphoska auf Nährstoffgehalt, Volumen- und Gewichtsentwicklung der Kiefernnadeln war weitaus günstiger als die der NPK-Variante des Harnstoff-Düngungsversuchs. Insbesondere konnten die Konzentrationen der Elemente N, P und Mg auf günstigere bzw. optimale Werte angehoben werden. Dieser bessere Wirkungsgrad wurde durch Zufuhr von nur 65 % der Stickstoffmenge und 43 % der Phosphormenge des Harnstoffversuches erreicht. Im vorliegenden Fall hat sich die Stickstoff-*Form* des Nitrophoska (Gemisch von Ammonium- u. Nitratstickstoff) gegenüber der Stickstoff-*Form* des Harnstoffs eindeutig überlegen gezeigt. Die geringere Wirkung des Phosphors in Form von Hyperphos im Vergleich zum Phosphor in Form von Nitriphoska ist zumindest teilweise eine Auswirkung des Harnstoffs.

Es ist bei der Bewertung jedoch zu berücksichtigen, daß der bessere Erfolg der NPK-Gabe durch eine um 400 % höhere Magnesiumgabe und durch Zufuhr der 11-fachen Kalziummenge unterstützt wurde. Zur Abgrenzung der Wirksamkeit der Magne-

siumzufuhr auf den Buntsandsteinstandorten der Vorderhaardt wurden weitere Düngungsversuche mit Magnesiumzusatz durchgeführt, über deren Ergebnis in einer weiteren Arbeit berichtet wird.

Es kann jedoch hier als vorläufiges Ergebnis mitgeteilt werden, daß die Wirkung der Magnesiumzufuhr sehr abhängig zu sein scheint von der spezifischen Konstellation der übrigen Wachstumsfaktoren, speziell der gedüngten Stickstoff-*Form*.

Durch die stärkere Kalziumzufuhr in Form von Karbonat wurden beim NPKCa-Versuch möglicherweise günstigere Voraussetzungen für die Mikroorganismentätigkeit geschaffen und damit die Verwertungsmöglichkeit des zugeführten Stickstoffs durch die Pflanzen erhöht. Die geringe Abbaurate des Rohhumus deutet jedoch an, daß sich diese Aktivitätssteigerung in relativ engen Grenzen hielt. Andererseits hätte wahrscheinlich eine Kalzium-Karbonatzufuhr in gleicher Höhe zur Harnstoffdüngung die negativen Auswirkungen eher verschärft, da von dieser Maßnahme weder eine Verbesserung der Phosphorversorgung noch eine Beseitigung des offensichtlich gegebenen Mißverhältnisses zwischen Ammonium- und Nitrataufnahme zu erwarten war.

Der allgemein höhere Wirkungsgrad der Mischformen der Stickstoffdünger kann heute nach den Untersuchungen von EVERS (1963), HOFFMANN (1964, 1966), WITTICH (1958, 1961), ZÖTTL (1964) und zahlreicher anderer Autoren als gesichert unterstellt werden. Auf unseren Standorten mit ihrem ausgeprägten NP-Mangel könnte sowohl unter diesen als auch unter technischen Gesichtspunkten (Ausbringung) einer Nitrophos-Düngung in Zukunft einige Bedeutung zukommen. Entsprechende Versuche sind bereits angelegt.

### *5. Veränderung des Analysenbildes durch Wahl einer anderen Bezugsbasis*

Der Bezug der Nadelanalysenwerte auf 100 g bzw. % Trockensubstanz ist die häufigst angewandte Auswertungsform, jedoch werden die eingetretenen Veränderungen zwar in der Tendenz meist richtig, in ihrer tatsächlichen Größenordnung aber unzureichend ausgewiesen. Durch Düngungsmaßnahmen werden bekanntlich nicht nur die Nährstoffkonzentrationen in den Nadeln verändert, sondern auch die Trieblängen, die Anzahl der Nadeln pro Längeneinheit, die Nadellängen und Nadelvolumina, sowie die Nadelgewichte pro Volumeneinheit (BRÜNING 1961; FIEDLER u. Mitarb. 1962; HÖHNE u. FIEDLER 1967). Das tatsächliche Ausmaß der durch Düngung hervorgerufenen Änderungen könnte somit nur durch Umrechnung der analytischen Einzelbestimmungen auf die Gesamtnadelmasse richtig dargestellt werden. Aus technischen Gründen ist die Ermittlung der Gesamtnadelmasse jedoch häufig schwierig, so daß man sich damit begnügen muß, das auf der Basis 100 g Trockensubstanz gewonnene Analysenbild durch Umrechnung auf einheitliche Volumenlängen oder Nadelzahlgrößen zu überprüfen.

Insgesamt bringt der Bezug der Nährstoffanalysenwerte auf 1000 Nadeln keine Verbesserung der Interpretationsmöglichkeiten.

Ernährungsphysiologisch bedeutsame Tendenzen werden nicht oder abgeschwächt angezeigt. Das gewonnene Analysenbild vermittelt wissenschaftlich interessante Einblicke in Art und Umfang der Ausnutzung der angebotenen Nährstoffe, auf die jedoch getrennt in einer späteren Arbeit eingegangen werden soll. Zur Beurteilung der Änderung der Gesamternährung des Einzelindividuums ist im vorliegenden Falle ein wesentlicher Faktor noch nicht bekannt, die Änderung der Gesamtnadelzahl. Diese Änderungen sind bei erfolgreicher Düngung positiv und zahlenmäßig bedeutend. BRÜNING (1961) stellte z. B. eine Zunahme der Nadelzahl bis zu 180% bei gedüngten Individuen fest.

Dagegen ist das Analysenbild auf der Basis 100 ml Trockenvolumen klarer und aussagekräftiger als das Ergebnis der Umrechnung auf 1000 Nadeln. Verschiedene Änderungen in der Nährstoffversorgung sind sogar besser erkennbar als bei der Wahl von % Trockensubstanz als Bezugsbasis.

Von den drei zur Diskussion stehenden Berechnungsmöglichkeiten dürfte der Bezug auf eine bestimmte Volumeneinheit bzw. eine einheitliche Assimilationsfläche das reellste Verfahren zur Ermittlung der tatsächlichen Veränderungen in den Assimilationsorganen sein, da z. B. 100 g Trockensubstanz sehr unterschiedliche Nadelmengen und -volumina repräsentieren.

Um jedoch die Vergleichsmöglichkeit mit den bisher publizierten Ergebnissen anderer Düngungsversuche zu erhalten, muß vorerst der Bezug auf % Trockensubstanz (bzw. mg/100 g Trs. oder ppm) weiterhin die Auswertungs- und Diskussionsbasis bleiben.

## VI. Zusammenfassung

Die auf sonn- und windseitigen Lagen begründeten Ki/Bu-Kulturen zeigen auf unseren streugenutzten Buntsandsteinböden die Tendenz, durch stärkere Ausfälle lückig zu werden und bereits im Jugendstadium einen Großteil der beigemischten Buche zu verlieren.

Boden- und Nadelanalysen ließen deutlichen Mangel an N und P erkennen und legten Düngungsversuche mit diesen Nährelementen nahe. Da jedoch die Ki in zahlreichen älteren Düngungsversuchen auf K-Gaben sehr positiv reagiert hat, erschien es sinnvoll, auch auf unseren Standorten die Wirkung einer zusätzlichen Kali-Düngung zu überprüfen. Im Hinblick auf eine besondere Förderung der Buche wurde außerdem noch eine NPKCa-Variante erprobt.

Die beiden hier beschriebenen Versuchsreihen (VR) umfassen im einzelnen folgende Glieder:

VR II 3c[1] Am Gefleckten: 0 — NP (Harnstoff + Hyperphos) — NPK (Harnstoff + Hyperphos + Patentkali), 2 x wiederholt; VR II 8b[2] Kohlplatz: 0 — NPKCa (Nitrophoska blau-extra + Kalkmergel), 1 x wiederholt.

Die getroffenen Maßnahmen, der Zeitpunkt ihrer Durchführung, die dabei verwendeten Rein-Nährstoffmengen sowie die zugehörigen Kosten finden sich in Tab. 2.

Die Ende 1968 (d. h. für VR II 3c[1] nach 4-jähriger, für VR II 8b[2] nach dreijähriger Versuchsdauer) vorgenommenen Höhen- und Stärkenmessungen sowie die synchron durchgeführten Boden- und Nadelanalysen machen deutlich, daß alle hier angewandten Düngerkombinationen erfolgreich waren (Tab. 10) und in ihrer Wirkung bisher noch nicht nachgelassen haben (Abb. 3). Dabei ist für die Zuwachsförderung bei der Ki auf unseren Standorten offensichtlich die NP-Komponente entscheidend, bei der Bu NPCa. Zusätzliche Kaligaben lassen sich — nach den bisher vorliegenden Ergebnissen — zwar boden- und nadelanalytisch nachweisen, wirken sich aber zuwachsmäßig — ähnlich wie auf den Buntsandsteinböden des Nordschwarzwalds — nur unwesentlich aus.

Von großer Bedeutung für die Zukunft der Bestände ist die Tatsache, daß die gedüngten Parzellen infolge geringer Ausfallprozente — im Gegensatz zu den ungedüngten — geschlossen aufwachsen können.

Die Testuntersuchungen über die Astigkeit der Kiefer (Tab. 6) haben gezeigt, daß gedüngte Kiefern im Flächendurchschnitt eine größere Zahl und dickere Äste aufweisen als ungedüngte. Bei der engen Korrelation zwischen Gesamthöhen und Aststärken (Tab. 7) ist dies aber offensichtlich ein Effekt, wie er allgemein bei besseren Höhenbonitäten der Kiefer auftritt und unter bestimmten Voraussetzungen am zweckmäßigsten durch Astung beseitigt wird. Im Hinblick darauf, daß auf unseren für die Kiefer vorgesehenen Standorten ohne gezielte Düngung vielfach lückige Dickungen entstehen (deren natürliche Astreinigung höchstens in geschlossenen Partien befriedigen kann und dabei mit einer geringen Wuchsleistung erkauft werden muß), halten wie hier eine vorsichtig

dosierte, wenigstens die beiden Nährelemente N und P enthaltende Startdüngung der Ki-Bu-Kulturen für notwendig, es sei denn, die Meliorationsmaßnahmen sind bereits im Vorbestand durchgeführt worden.

Über andere getestete Düngungsvarianten in Ki-Bu-Kulturen wollen wir in Kürze berichten und dabei auch die Frage der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen vergleichend erörtern.


### Summary

Title of the paper: *Preliminary results of 2 fertilizer trials in pine — beech plantations on litter-raked Bunter Sandstone soils in Palatinate Forest.*

Plantations of Scots pine and European beech on wind and sun exposed Bunter Sandstone sites which had been subject to litter-raking had high mortalities and much of the beech disappeared early. Soil and needle analyses indicated N- and P-deficiency. Older Scots pine had reacted positively to K-application. Fertilizer trials were consequently established in two compartments 3 and 8 as follows (see tab. 2):

Compt. 3: Control; urea + superphosphate; urea + superphosphate + potassium (2 replications);

Compt. 8: Control; NPK blue extra + marl (1 replication).

Height and diameter growth and soil and needle analyses after 4 (compt. 3) and 3 (comt. 8) years indicated that all applications had been effective (tab. 10) and effects have not yet declined (fig. 3). Growth increase is determined by the NP component in pine and by NPCa in beech. K is evident in the analyses but effects growth insignificantly. An advantage of fertilizing is the reduction of mortality which improves canopy closure.

Fertilized pine have more and thicker branches (tab. 6). Height growth and branch diameters are positively correlated. The same correlation exists in the case of different tree-height site quality classes. Artificial pruning is recommended in the fertilized stands. The high mortality without the fertilizing would also lead to heavy branching in the more open parts of the stand. The advantage of better quality is restricted to the closed parts of the stands and is outweighed by the generally lower increment. Therefore, moderate fertilizing at establishment with N and P is necessary, unless soils have been ameliorated already under the previous stand.

Results of different fertilizer applications and a analysis of the economics of fertilizing pine-beech plantations will be published shortly. E. F. B



### Résumé

Titre de l'article: *Résultats provisoires de deux expériences de fertilisation dans des reboisements pins hêtres sur sols de Buntsandstein où la litière était récoltée de la forêt du Palatinat.*

Les boisements pins-hêtres installés sur nos sols de Buntsandstein où la litière était récoltée ont tendance, sur les stations exposées au soleil et au vent, à devenir clairièrés par suite d'une mortalité importante et, dès le stade juvénile, une grande partie du peuplement de hêtre de complèment à diparaître.

Les analyses d'aiguilles et de sol avaient permis de détecter une nette carence en N et K et incitèrent à entreprendre une expérience de fertilisation portant sur ces deux éléments. De nombreuses expériences de fertilisation plus anciennes ayant montré que le pin réagissait très positivement à l'apport de K, il est apparu également judicieux de tester l'effet d'une fumure potassique complémentaire dans nos conditions de stations. En escomptant plus particulièrement une influence favorable sur le hêtre, on a en outre essayé une variante avec N — P — K — Ca. Les deux dispositifs expérimentaux (Versuchsreihen = VR) décrits ici comportent les traitements suivants:

*VR II 3c¹ — GEFLECKTEN*
- témoin
- NP (urée — phosphate naturel broyé)
- NPK (urée — phosphate naturel broyé — Patentkali)
= 2 répétitions.

*VR II 8b² — KOHLPLATZ*
- témoin
- NPKCa (Nitrophoska bleu extra, marne)
= 1 répétition.

Dans le tableau 2 sont indiquées les modalités des traitements, les dates des interventions, les quantités d'éléments nutritifs apportées ainsi que les prix de revient.

A la fin 1968 (c'est-à-dire après 4 ans pour le dispositif VR II 3 c¹ et après 3 ans pour le dispositif VR II 8b²) les mesures de hauteurs et de diamètres ainsi que les analyses concommitantes d'aiguilles et de sols montrèrent nettement que tous les mélanges d'engrais essayés avaient été efficaces (tab. 10) et de leur effet n'était pas encore terminé (fig. 3). En ce qui concerne la croissance du pin c'est le mélange NP qui a nettement le plus d'effet et pour le hêtre, le mélange NP Ca.

D'après les résultats obtenus jusqu'ici, l'effet d'une fumure potassique complémentaire est prouvé par les analyses d'aiguilles et de sols, mais vis à vis de la croissance, son action n'est que secondaire comme sur les sols de Buntsandstein du Nord de la Forêt-Noire.

Pour l'avenir des peuplements, il est très important que les parcelles fertilisées puissent croître «fermées» par suite d'une mortalité moindre et contrairement à ce qui se passe dans les parcelles non fertilisées.

Les recherches effectuées sur les branches des pins ont montré que celles-ci étaient en moyenne plus nombreuses et plus grosses sur les parcelles fertilisées que sur les témoins (tableau 6).

Comme il existe une étroite corrélation entre la croissance en hauteur et la grosseur des branches (tableau 7) on se retrouve en fait dans le cas de peuplements de pins se rangeant dans les meilleures classes de croissance en hauteur; pour remédier à cet inconvénient, le mieux est d'avoir recours à l'élagage artificiel.

Sur nos stations dont le reboisement en pin a été prévu sans fertilisation appropriée, les fourrés sont souvent clairièrés; l'élagage naturel ne peut se faire convenablement que dans les parties fermées et n'est ainsi acquis qu'avec une faible production. Dans ces conditions, nous tenons comme nécessaire, pour les reboisements en pin-hêtre, une fumure de départ soigneusement dosée comprenant au moins les deux éléments N et P, à moins qu'une fertilisation n'ait déjà été apportée dans le peuplement préexistant.

Dans une prochaine publication, nous donnerons les résultats obtenus avec les autres types de fumure essayés pour les boisements pin-hêtre et nous comparerons les divers traitements du point de vue économique. J. M.


### Literatur


Baule, H.: Die Forstdüngung. Forst- u. Holzw. 15 (1960), 1 - 5. — Baule, H.: Über die Möglichkeit zur Erfassung der Düngebedürftigkeit von Waldstandorten. Forst- u. Holzw. 16 (1961), 1 - 11. — Baule, H.: Kann uns die Forstdüngung helfen? Anhaltspunkte für die praktische Forstdüngung. Forstpfl.-Forstsamen 2 (1964), 1 - 8. — Baule, H. u. Fricker, C.: Die Düngung von Waldbäumen. BLV-Verl., München, Basel, Wien 1967. — Baule, H. u Franz, Fr.: Bericht über die ersten Ergebnisse der Düngungsversuche Eglofs-Osterwald. Forstpfl.-Forstsamen 3 (1966), 3 - 11. — Brüning, D.: Forstdüngung Radebeul (1959). — Brüning, D.: Über die Wirkung von Pflanzennährstoffen auf das Wachstum von Kiefern im Jugendstadium. AFJZ 132 (1961), 168 - 176. — Brüning, D.: Einfluß einer mineralischen Düngung auf das Wachstum von Kiefern und Roteichen. Forstarchiv 34 (1963), 25 - 30. — Brüning, D.: Einfluß einer mineralischen Düngung auf einen mit Dickungs-

schütte befallenen Kiefernbestand. AFZ 28 (1964). — Brüning, D.: Vorzeitiger Nadelabwurf in Kieferndickungen als Folge von Nährstoffmangel. AFZ 49 (1966). — Brüning, D.: Forstdüngung. Ergebnisse älterer und jüngerer Versuche. Neumann, Radebeul 1959. — Bussler, W.: Erfahrungen mit der Methode der systematischen Variationen noch Homés zur Ermittlung eines optimalen Nährstoffverhältnisses für die Düngung der Pflanzen. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 113 (1966), 236 - 246. — Bussler, W.: Optimale Nährstoffverhältnisse in der Pflanze. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 113 (1966), 247 - 252. — Chu, J. P.-H. u. Knowles, R.: Mineralization and immobilization of nitrogen in bacterial cells and in certain soil organic fractions. Soil Sci. Soc. AmProc. 30 (1966), 210 - 213. — Czerney, P. u. Fiedler, H. J.: Gefäßversuch mit Wermsdorfer Staublehm zum Einfluß der Düngung auf einige Nadel- u. Laubhölzer. Arch. Forstwes. 18 (1969), 133 - 153. — Dittmar, O.: Eine mathematisch-statistische Auswertung zweier Düngungsversuchsreihen auf armen Talsanden des nordischen Diluviums. Arch. Forstwes. 2 (1953), 552 - 586. — Evers, F. H.: Die Wirkung von Ammonium- und Nitratstickstoff auf Wachstum und Mineralhaushalt von Picea und Populus. Z. Bot. 51 (1963), 61 - 111. — Ewing, G. J. u. Bauer, N.: An evaluation of nitrogen losses from the soil due to the reaction of ammonium ions with nitrous acid. Soil Sci. 102 (1966), 64 - 69. — Fiedler, H. J., Fiedler, E., Hoffmann, F., Höhne, H., Sauer, G. u. Thomasius, H.: Auswertung eines Streunutzungsversuches von H. Vater aus dem Jahre 1912. Arch. Forstwes. 11 (1962), 70 - 128. — van Goor, C. P.: Kaligebrek als vorzaak van gelepuntziekte van groveden (pin. silv.) en Corsicaanse den (pin. nigra var. corsicana). Nederl. Bosch. Tijdschr., 1956, 21 - 23. — van Goor, C. P.: Kaligebreksymtomen bij groveden. Kali Nr. 50 (1961), Nederl. Kali-Import Maatschapping. — van Goor, C. P.: Kali-Mangelerscheinungen bei Kiefern in Holland. AFZ 1962, 402 - 403. — Grunert, F.: Untersuchungen zum Nährstoffkreislauf in Kiefern- und Kiefern-Buchen-Mischbeständen. Tagungsber. Nr. 50, Ernähr. d. Waldb. u. Forstdüng. (1962), 31 - 44. — Gussone, H. A.: Ergebnisse eines Düngungsversuches zu Kiefern auf nährstoffarmem Boden Norddeutschlands. AFJZ 134 (1963), 45 - 53. — Gussone, H. A.: Faustzahlen für Düngung im Walde. BLV-Verl., München, Basel, Wien 1964. — Hausser, K.: Ergebnisse von Düngungsversuchen zu schlechtwüchsigen Nadelholzkulturen auf Buntsandstein des württembergischen Schwarzwaldes. Ruhrstickstoff AG Bochum 1958. — Hausser, K.: Düngungsversuche zu Kiefern mit unerwarteten Auswirkungen. AFZ 1960, 497 - 501. — Hausser, K.: Düngung und Bestandsgründung. Forst- u. Holzw. 19 (1964), H. 13, 1 - 3. — Hausser, K. et al.: Empfehlungen für das Planen, Anlegen, Behandeln und Auswerten forstlicher Düngungsversuche. AFJZ 140 (1969), 121 - 132. — Heinsdorf, D.: Der Einfluß von N-, P-, K-, Mg-Düngung auf Ernährung und Wachstum von Kiefernkulturen auf unterschiedlichen Sandstandorten Mittelbrandenburgs. Düng. u. Melior. i. d. Forstwirtschaft. 66 (1964), 193 - 208. — Hoffmann, F.: Untersuchungen zur Stickstoffernährung junger Nadelholzpflanzen. Düng. u. Melior. i. d. Forstwirtschaft. 66 (1964), 151 - 168. — Hoffmann, F.: Untersuchungen zur Stickstoffernährung junger Koniferen. Arch. Forstwes. 15 (1966), 1093 - 1103. — Hoffmann, F. u. Fiedler, H. J.: Die Stickstoffernährung junger Koniferen. Biol. Rundschau 4 (1966), 138 - 156. — Höhne, H. u. Fiedler, H. J.: Beitrag zur Stickstoffernährung mittelalter Kiefernbestände. Arch. Forstwes. 16 (1967), 333 - 355. — Homes, M. V.: Alimentation des plantes et le probléme des engrais chimiques. Masson u. Co., Paris 1953. — Junack, H.: Frohwüchsige Kulturen durch sachgemäße Forstdüngung. Verk. Gem. Deutscher Kaliwerke Hannover 1961. — Jung, J.: Rohhumusmelioration mit Harnstoff. AFZ 51 (1958). — Jung, J.: Über die Wirkung von CD-Harnstoff als Stickstoffdünger. Plant and Soil 15 (1961), 284 - 290. — Kern, K. G., Lanz, W. u. Moll, W.: Versuch einer integrierten Kulturbegründung. AFZ 1970, 587 - 589, 606 - 608. — Knickmann, E.: Die Untersuchung von Böden. Neumann, Radebeul und Berlin 1955. — Krauss, H.-H.: Die Anfangsentwicklung von Kiefernvollumbruchkulturen auf degradierten mittleren Sandstandorten nach Kalkmelioration und Düngung mit N, P, K u. Mg. Tagungsber. Nr. 50, Ernähr. d. Waldb. u. Forstdüng. (1962), 117 - 134. — Krauss, H.-H.: Untersuchungen über die Melioration degradierter Sandböden im nordostdeutschen Tiefland. Arch. Forstwes. 14 (1965), 499 - 532, 731 - 818. — Lanz, W.: Forstdüngung (Sammelreferat), Forstarchiv 40 (1969), Beil. 1, 1 - 36. — Mayer-Krapoll, H.: Forstdüngung und Holzproduktion. Unser Wald 10 (1950). — Mengel, K.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Fischer, Stuttgart 1968. — Michael, G., Schumacher, H. u. Marschner, H.: Aufnahme von Ammonium- und Nitratstickstoff aus markiertem Ammoniumnitrat und deren Verteilung in der Pflanze. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 110 (1965), 225 - 238. — Mitscherlich, G.: Bodenverschlechterung und Düngung in ertragskundlicher Sicht. F. u. H. 1958, H. 21. — Mohr, H.: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Springer, Berlin, Heidelberg New York 1969. — Peterburgskii, A. V. u. Kudevarov, V. N.: Fiksirovannyi ammonii v nekotoykh pochvakh, SSSR i dostupnost ego rasteniyam. Izv. Timiryazevskoi Sel'skokhoz. Akad. (1966), 72 - 80. — Rauterberg, E. u. Bussler, W.: Die Ermittlung der optimalen Nährstoffzusammensetzung für die Pflanze nach Homés. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 90 (1960), 5 - 18. — Rebel, K.: Streunutzung, insbes. im bayerischen Staatswald. München 1920. — Roberge, M. R. u. Knowles, R.: Ureolysis immobilization and nitrification in Black Spruce (Picea mariana Mill.) humus. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30 (1960), 201 - 204. — Schachtschabel, P.: Fixierung und Nachlieferung von Kalium- und Ammoniumionen. Beurteilung des Kaliumversorgungsgrades von Böden. Landw. Forsch. 15. Sonderh. (1961), 29 - 47. — Seibt, G.: Langfristige forstliche Düngungsversuche in Nordwestdeutschland. Diss. Göttingen 1962. — Seiher, W.: Untersuchungen über die Eignung des Harnstoffs als Bodendünger. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 100 (1963), 34 - 42. — Seillac, P.: L'application du diagnostic foliaire à la sylviculture landaise. Compt. Rend. Acad. Agric. France 48 (1962), 322 - 327. — Stone, E. L. u. Will, G. M.: Nitrogen deficiency of second generation Radiata Pine in New Zealand. N. Z. For Service Repr. 70 (1963). — Themlitz, R.: Untersuchungen zur Nährstoffänderung in einem Heideboden und Nährstoffdynamik junger Kiefern (pin. silv.). Kali-Briefe, 1958, 2. Folge. — Themlitz, R.: Nährstoffmangelerscheinungen an jungen Kiefern als Folge unausgeglichener Düngung und ihre Diagnose durch differenzierte Nadelanalysen. Kali-Briefe, 1959, 5. Folge. — Themlitz, R.: Erfahrungen zum Nährstoffzustand von Böden und Pflanzen aus Forstpflanzenanzuchtstätten. AFJZ 134 (1963), 173 - 177. — Themlitz, R.: Zur Nährstoffwanderung in einem Heideboden und Auswirkung insbes. einer Kalidüngung auf das Wachstum und den Nährstoffgehalt von Jungtrieben einer 8-jährigen Kiefernkultur (pin. silv.). AFJZ 136 (1965), 77 - 84. — Themlitz, R. u. Baule, H.: Über das Auftreten von Nährstoffmangelsymptomen an jungen Kiefern als Folge unausgeglichener Düngung. Forst- u. Holzw. 15 (1960), 5 - 6. — Ulrich, B.: Bodenbearbeitung und Düngung unter dem Gesichtspunkt der Waldernährung. AFZ 31 (1968). — Wehrmann, J.: Mineralstoffernährung der Kiefer auf Heideböden. Jahresber. BFV, 1960/61, 1 - 11. — Wehrmann, J.: Mangan- und Kupferernährung bayerischer Kiefernbestände. Forstw. Cbl. 80 (1961), 167 - 174. — Wehrmann, J.: Die Beurteilung der Stickstoffernährung von Fichten- u. Kiefernbeständen. AFZ. 32/33 (1963), 502 - 504. — Wehrmann, J.: Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft. Landw. Forsch. 16 (1963), 130 - 145. — Wiedemann, E.: Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände. Reichsnährstandsverlag 1942. — Wirths, W.: Ernährungsphysiologische Bedeutung von Kalium. Kali-Briefe (1968), 9. Folge. — Wittich, W.: Die Melioration streugenutzter Böden. FWCbl. 1954, H. 7/8. — Wittich, W.: 50 Jahre Ebnath. FWCbl. 75 (1956), 407 - 422. — Wittich, W.: Auswertung eines forstlichen Düngungsversuches auf einem Standort mit für weite Gebiete Deutschlands typischem Nährstoffhaushalt. Ruhr-Stickstoff-AG, Bochum 1958. — Wittich, W.: Bodenkundliche und pflanzenphysiologische Grundlagen der mineralischen Düngung im Walde und Möglichkeiten für die Ermittlung des Nährstoffbedarfs. AFZ 10 (1958), 121 - 124. — Wittich, W.: Die Grundlagen der Stickstoffernährung des Waldes und Möglichkeiten für ihre Verbesserung. In „Der Stickstoff", 335 - 369, Stalling-Verl. Oldenburg 1961. — Zöttl, H.: Stickstoffdüngung in Kiefern- und Fichtenbeständen Bayerns. V. Congr. Mond. Fertil. 1964, 1 - 4. — Zöttl, H.: Waldstandort und Düngung. Centralbl. f. d. ges. Forstwes. 81 (1964), 1 - 24. — Zöttl, H. u. Kennel, R.: Die Wirkung von Ammoniakgas- und Stickstoffsalzdüngung in Kiefernbeständen. FWCbl. 81 (1962), 65 - 91. — Zöttl, H. u. Jung, J.: Ernährungszustand und Lophodermium-Befall von Pinus sylvestris. D. Naturwissensch. 51 (1964), 643.

# Anatomisch-histologische Untersuchungen im Bereich der Astabzweigung bei Nadel- und Laubbäumen

## IV. Die Abzweigungsverhältnisse bei Juglans, Fraxinus, Betula und Fagus und ihre Zuordnung zu Abzweigungstypen

Aus dem Institut für Biologische Holzforschung der Forstlichen Fakultät der Universität Freiburg i. Br.

(Mit 9 Abbildungen)

Von Dietrich Böhlmann

### Einleitung

Aus der Untersuchung der anatomisch-histologischen Verhältnisse im Abzweigungsbereich der Nadelbäume kristallisierten sich zwei klar voneinander zu trennende Abzweigungstypen heraus. Die Vielfalt der histologischen und funktionellen Varianten des Holzkörpers der Laubbäume ließ bei diesen eine Vielzahl von Abzweigungstypen erwarten. Die bis jetzt untersuchten Laubbäume ließen jedoch wiederum nur zwei Abzweigungstypen erkennen, die zudem denen der Nadelbäume entsprechen. Für die beiden Typen werden exemplarisch die anatomisch-histologischen Verhältnisse bei Juglans/Fraxinus und Betula dargestellt.

Abschließend werden die Verhältnisse im Abzweigungsbereich der Nadel- und Laubbäume miteinander verglichen und Gemeinsames bzw. Trennendes herausgestellt.

### Material und Methoden

siehe 1. Veröffentlichung

### Ergebnisse

#### 1. Das grobanatomische Bild der Astabzweigungen der Laubbäume

Wird ein etwas älterer Laubholzast aus seiner Verankerung in der Trägerachse gerissen, so kann man feststellen, daß die aus der Trägerachse ausgegliederten Leitbahnen der Seitenachse, anders als bei den Coniferen, sehr weit unten an der Trägerachse entspringen. Sie sind dadurch in einem asteigenen Segment vereinigt, ehe sie in die Seitenachse abbiegen (Abb. 1).

Die Abgliederung der in den Ast ziehenden Leitbahnen erfolgt im Internodium zwischen den direkt übereinanderliegenden Astabgängen. Dieser internodiale Bereich ist bei den Laubbäumen recht groß. Er kann mit zunehmendem Alter der Seitenachse noch anwachsen, wenn der folgende Nodus überwachsen wird.

Diese Art der Abgliederung der Leitbahnen ist bei allen Abzweigungen gleich, gleichgültig, ob es sich um eine Astabzweigung I. oder höherer Ordnung handelt.

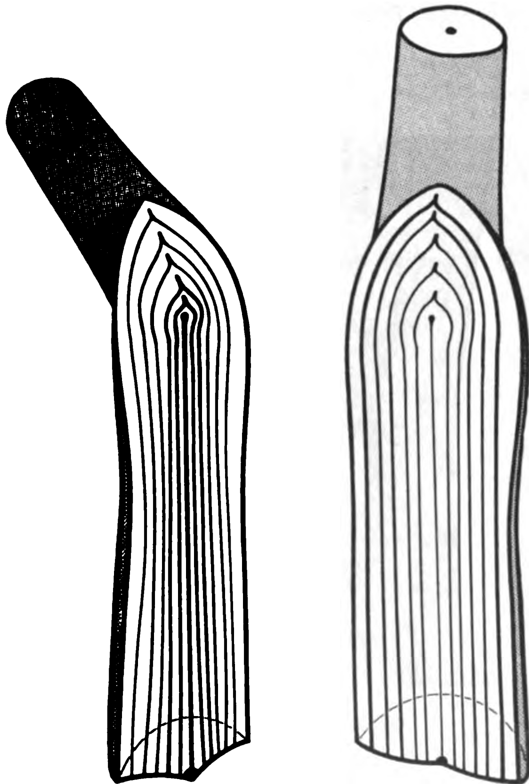


Abb. 1
Schema der voneinander getrennten Seitenachse (links) und Trägerachse (rechts) bei Laubbäumen.

#### 2. Die Astabzweigung von Juglans regia L. und Fraxinus excelsior L.

In der Achsel der Abzweigung von Juglans regia und Fraxinus excelsior findet sich, ähnlich wie bei den Cupressaceen, ein parenchymatisches Füllgewebe, das sich keilartig zwischen Träger- und Seitenachse einschiebt und in der Achsel der Leitbahnen beider Achsen trennt (Abb. 2).

Über dem Parenchymkeil in der Achsel der Abzweigung fehlen Holz- und Bastgewebe; es folgt sofort Rindenparenchym. Die Parenchymzellbereiche der Rinde und des Parenchymkeiles werden durch ein Meristem getrennt, das dem sekundären Zuwachs angemessen nach innen Parenchym abteilt und dadurch den Parenchymkeil immer länger werden läßt. Nach außen werden dagegen offensichtlich keine oder nur wenige Zellen abgeteilt. Der tiefe äußere Spalt in der Achsel zwischen Träger- und Seitenachse wird mit zunehmendem Alter ebenfalls immer länger. Er ist mit braun gefärbten Zellresten und anderen Abfällen gefüllt.

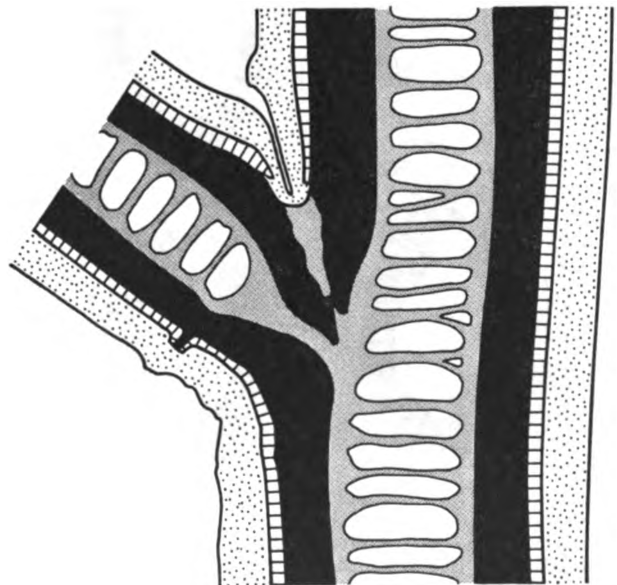


Abb. 2
Juglans regia. Medianschnitt durch den Abzweigungsbereich. Das Parenchym der Achselzone und das lebende randständige Markparenchym ist fein gepunktet. Im Mark findet sich das für Juglans typische Aerenchym.

Aus der Querschnittserie der Abb. 3 kann die Querausdehnung der Parenchymzone (P) entnommen werden. Aus ihr geht auch hervor, daß sich der Leitgewebemantel von Bast und Holz der Seitenachse bei der Annäherung an die Trägerachse öffnet. Gleiches erfolgt von Seiten der Trägerachse (Schnitt 3). Der Leitgewebemantel der Seitenachse wird, in sich unzergliedert bleibend, unter der Parenchymkeilzone an die Trägerachse angegliedert (Schnitt 4 - 5) und dann, wie zum Schluß auch die Blattspurbündel, in die Trägerachse einbezogen (Schnitt 6 - 8).

Der Abzweigungsbereich ist stärker mit Strahlen durchsetzt, die aber nur die übliche Breite besitzen. Das Grundgewebe des Abzweigungsbereiches gleicht dem des normalen Holzes der internodialen Sproßachse.

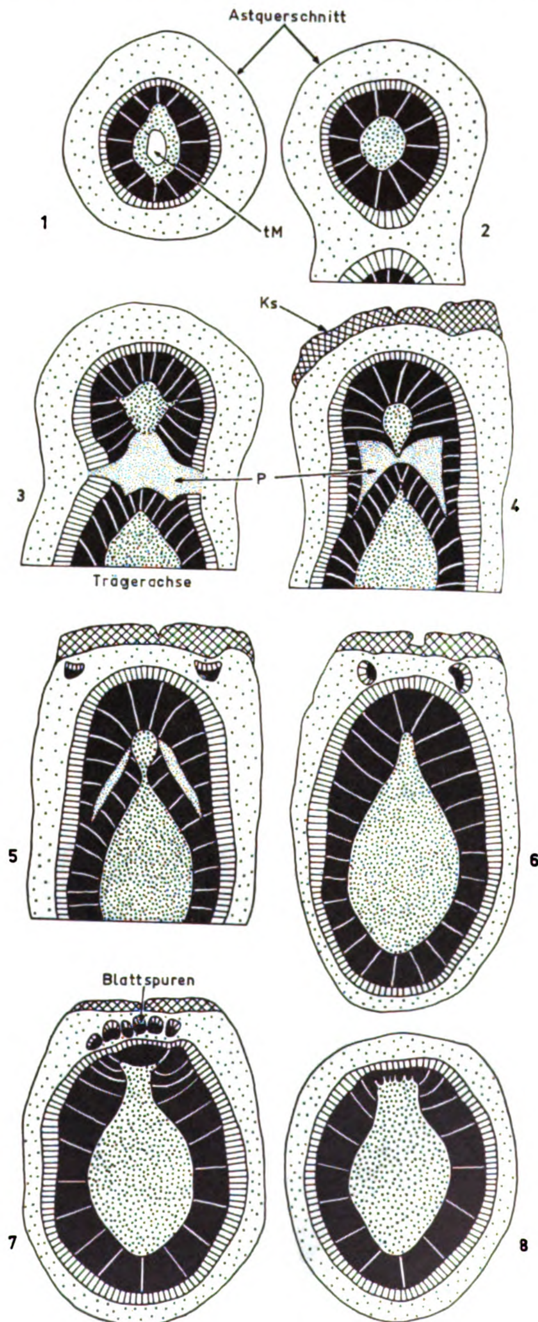



Abb. 3
Fraxinus excelsior. Querschnittserie vom Ast her durch den Abzweigungsbereich. Der Leitgewebemantel von Bast und Holz der Seitenachse bleibt, abgesehen von der Öffnung bei der Annäherung an die Trägerachse, in sich geschlossen. Zwischen der Seiten- und der Trägerachse befindet sich eine Parenchymzone (P). Die weißen Striche im schwarz gehaltenen Holzkörper symbolisieren die Holzstrahlen. Abkürzungen: tM = totes Mark, Ks = Korkschicht an der Tragblattnarbe, P = Parenchymzone.

Die Leitbahnen der Oberseite der Seitenachse ziehen unter der Parenchymzone der Achsel hindurch auf ihre Höhe. Einzelne Gefäße der an die Parenchymzone grenzenden Leitbahnen können streckenweise in das randständige Parenchym hineinschwingen. Der Verlauf der in den Ast ziehenden Leitbahnen gleicht, bis auf der bei Juglans und Fraxinus fehlenden direkten Verbindung zum apikalen Teil der Trägerachse, weitgehend dem in Abb. 10 der 1. Veröffentlichung aufgezeigten Beispiel.

Die Markverbindung zwischen der Träger- und Seitenachse ist, ähnlich wie bei den Cupressaceen, recht eng (Abb. 3). Das Markparenchym des Abzweigungsbereiches lebt und speichert Stärke. Die Zellen dieses Markparenchyms sind isodiametrisch abgerundet und besitzen eine stärkere, verholzte Zellwand. Die für Juglans typische Fächerung des Markes (Abb. 3) erfaßt nicht den Abgangsbereich. Da das lebende Mark im Abzweigungsbereich für den Luftaustausch eine Barriere darstellt, besteht zwischen dem Aerenchym der Seiten- und Trägerachse bei Juglans keine Verbindung.

### 3. Der Seitenachsenanschluß von Betula pendula Roth und Fagus silvatica L.

Die Birke besitzt wie die Pinaceen in der Achsel der Abzweigung im Holz und Bast eine direkte Verbindung zwischen der Seitenachse und dem apikalen Teil der Trägerachse (Abb. 5). Diese histologische Verbindung besteht im Holz aus Tracheiden, im Bast aus Siebröhren. Sie existiert wie bei den Pinaceen während des Jahres der Seitenachsenanlage und teilweise noch in der folgenden Vegetationsperiode. Sie findet sich in der Mediane von Träger- und Seitenachse und ist nur wenige Zellreihen breit.

In der älteren Abzweigung wird diese Verbindung durch eine in der Achsel des Astes gebildete, recht kräftige Störzone unterbrochen. Sie fällt in einem median-längs aufgeschnittenen Verzweigungsabschnitt schon makroskopisch auf (Abb. 4). Sie grenzt die Leitbahnen der Träger- und Seitenachse voneinander ab.

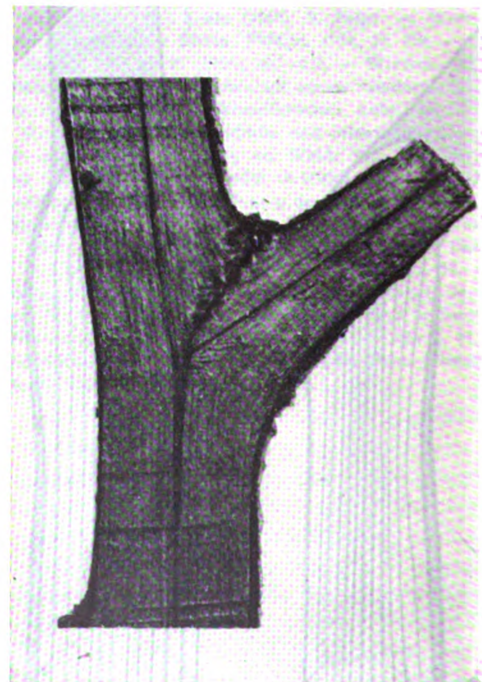


Abb. 4
Betula pendula. Ein längs-median aufgeschnittener Verzweigungsabschnitt läßt in der Achsel schon makroskopisch deutlich eine Störzone zwischen der Träger- und Seitenachse erkennen. Sie ist anfänglich schmal, wird aber mit zunehmendem Alter breiter. (1 x)



Abb. 5
Betula pendula. Die Abbildung zeigt einen Medianschnitt durch die Achsel der Abzweigung. Im Jahr der Anlage der Seitenachse existiert eine Verbindung zwischen der Träger- und Seitenachse, die auf dem Bild deutlich zu erkennen ist. In der älteren Abzweigung wird anschließend eine Störzone gebildet und die Verbindung unterbrochen. (17 x)

Die Störzone besteht aus Tracheiden, die, wie die Abb. 6 und 7 zeigen, aus ihrem axialen Verlauf in eine Transversalrichtung zwischen Träger- und Seitenachse einbiegen und im Medianschnitt dadurch zum Teil quer getroffen werden (siehe Abb. 5). Gefäße fehlen in der Störzone (Abb. 7). Nur vereinzelt werden am Rande Gefäße der an der Störzone vorbeiziehenden Leitbahnen der Träger- und Seitenachse in die Verwirbelungen dieser einbezogen.

Durch das Fehlen der Gefäße in der Störzone wird diese vom Transpirationsstrom nicht berührt. Dies konnte durch fluoreszierendes Berberinsulfat nachgewiesen werden, das dem Transpirationswasser zugefügt wurde. Berberinsulfat konnte, außer in der Störzone, im gesamten übrigen Holz der Abzweigung nachgewiesen werden.

Die Störzone wird von Holzparenchym und in sie hineinragende Strahlen durchsetzt. Die Strahlen erfahren, ähnlich wie die tracheidalen Gewebe, starke Krümmungen und Verwirbelungen. Die Störzone erfaßt auch den Bast, in dem analoge Verwirbelungen und Gewebeverlagerungen festgestellt werden konnten.

Das Neue am Abzweigungsbereich der Birke und der entscheidende Unterschied zu der Abzweigung der Pinaceen bildet die Segmentierung des jungen Holzes des Seitenachsenabganges (Abb. 8). Die Segmente bestehen aus 1 - 3 radialen Reihen schraubig verstärker Tracheiden. Gefäße sind in diesen Segmenten nicht vorhanden. Die Segmente werden durch Markstrahlen getrennt, die im anschließenden normalen Holz, welches unsegmentiert ist und natürlich Gefäße besitzt, ihre Fortsetzung finden. Diese Form der Gliederung des Holzes kann stets beobachtet werden, gleich, ob es sich bei der Seitenachse um einen bleibenden oder durchgetriebenen Kurztrieb oder einen Langtrieb handelt.

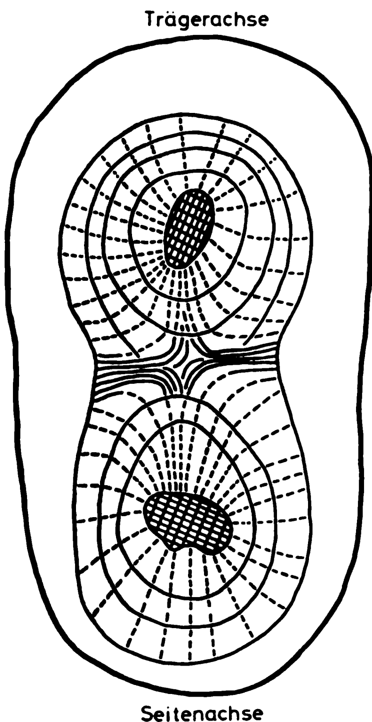
Diese Segmentierung im Abzweigungsbereich konnte auch bei anderen angiospermen Bäumen festgestellt werden, so z. B. bei der Eiche und der Pappel. Dort kann, im Gegensatz zur Birke, die Segmentierung auch noch die anschließenden Jahresringe erfassen.

Abschließend sei noch erwähnt, daß die anatomisch-histologischen Verhältnisse des Abzweigungsbereiches der Buche, die ergänzend in die Untersuchungen einbezogen wurde, denen der Birke entsprechen.

## Diskussion

### 1. Die Abzweigungstypen der Laubbäume

Ähnlich wie bei den Nadelbäumen findet man auch unter den Laubbäumen wieder zwei Abzweigungstypen mit unterschiedlichen anatomisch-histologischen Verhältnissen.



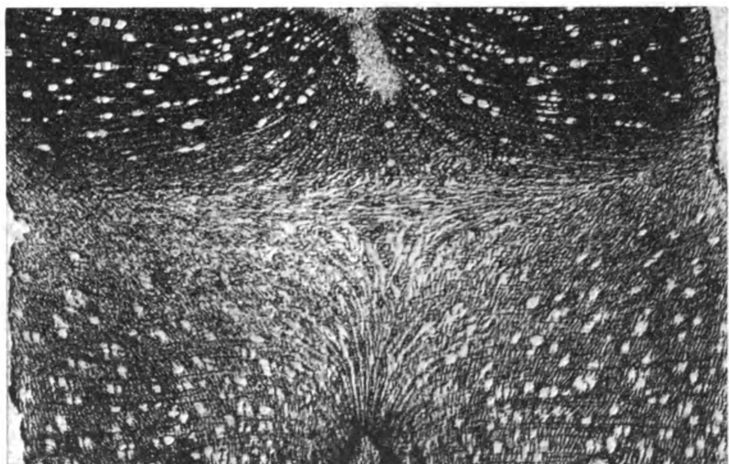



Abb. 6 links
Verlauf der radialen Zellreihen (unterbrochene Linien) im Holz des quergeschnittenen Abzweigungsbereiches von Betula. In der Störzone zwischen Träger- und Seitenachse schwingen die Tracheiden aus dem axialen Verlauf in eine transversale Richtung ein.

Abb. 7 rechts
Betula pendula. Der Ausschnitt zeigt die quer geschnittene Störzone. Die aus dem axialen Verlauf in eine Transversalebene einschwingenden Tracheiden sind teilweise längs angeschnitten. Die Störzone enthält keine Gefäße. (45 x)

*Juglans* und *Fraxinus* besitzen in ihrer Abzweigungsachsel eine Parenchymzone, dessen Parenchymzellen relativ dünne Wände aufweisen.

*Betula, Fagus, Quercus und Populus* besitzen dagegen in ihrer Abzweigungsachsel zwischen Träger- und Seitenachse eine schmale, direkte Leitbahnverbindung in Bast und Holz, die allerdings nach etwa 1½ Vegetationsperioden durch die Bildung einer Störzone unterbrochen wird.

Neu am Abzweigungsbereich der Laubbäume ist dagegen die bei Betula und bei Quercus auftretende Segmentierung des Bast- und Holzmantels bei der Ausgliederung der Seitenachse aus der Trägerachse. Diese Erscheinung wird im folgenden Diskussionsabschnitt besprochen.

Da die beiden unterschiedlichen Abzweigungstypen der Laubbäume den beiden Typen der Nadelbäume in ihren anatomischen und histologischen Verhältnissen entsprechen, und zwar Juglans/Fraxinus den Cupressaceen und Betula/Quercus u. a. den Pinaceen, dürften die dort ausführlich beschriebenen physiologisch-funktionellen Momente gleichermaßen für die Abzweigung der untersuchten Laubbäume gelten.

Die bei Betula und Quercus gefundene Verbindung in der Achsel zwischen der Träger- und Seitenachse erfüllt höchstwahrscheinlich die gleichen Funktionen, wie sie schon für die Pinaceen angeführt und diskutiert wurden.

Neben einer gewissen Festigungsfunktion, d. h. einer Verankerung der oft mehr oder minder plagiotrop abgehenden Seitenachsen mit der Trägerachse, dürfte diese Verbindung im wesentlichen eine physiologische Bedeutung zukommen, die in der Steuerung des Wachstums der Seitenachse durch die übergeordnete Trägerachse besteht. Der regelmäßige Habitus mit klarer übergreifender Akrotonie vieler Laubbäume (Quercus, Acer u. a.), insbesondere in ihrer Jugend, sind offenbar Ausdruck dieser Steuerung. Möglich wäre noch, daß z. B. die Seitenachsenknospen über diese physiologische Brücke im Jahr ihrer Anlage am proleptischen Austrieb gehindert werden. Die über diese Verbindung einfließenden Assimilate werden sicher zur Entwicklung der Knospe und jungen Seitenachse beitragen. Beim Wegfall dieser Verbindung durch die Bildung der Störzone entfällt die Einflußnahme. Die ältere Seitenachse und der ältere Baum zeigen dann auch nicht mehr den regelmäßigen Kronenaufbau der Jugend.

Die Art und Weise des möglichen Funktionierens wurde schon bei den Pinaceen diskutiert. Es sei nur noch einmal hervorgehoben, daß die Einflußnahme der Trägerachse auf die Seitenachse wohl nur über ein, vorsichtig ausgedrückt, „molekulares System" (Mohr 1969) erfolgen kann, das mit dem Assimilatstrom über die Siebbahnen des Anschlusses in die Seitenachse einfließt.

Bei Juglans und Fraxinus fehlt, genau wie bei den Cupressaceen, eine spezielle Leitbahnverbindung. Möglicherweise erfolgt bei diesen Baumarten eine stoffliche Einflußnahme des apikalen Teiles der Trägerachse auf die Seitenachse durch die Vermittlung der parenchymatischen Achselzone, d. h. durch einen gesteuerten Durchgang von Assimilaten und Enzymen über diese Parenchymzone.

## 2. Vergleichende Betrachtungen der Abzweigungsverhältnisse bei Nadel- und Laubbäumen

### *a. Die Abgliederung der Astleitbahnen aus der Trägerachse*

Die Ausgliederung der in den Ast ziehenden Leitbahnen aus der Trägerachse ist bei Nadel- und Laubbäumen recht verschieden.

Während bei den *Nadelbäumen* die Tracheidenleitbahnen erst in unmittelbarer Nähe des Astabganges aus den Leitbahnen der Trägerachse hervorgehen, werden die Leitbahnen des *Laubholzastes* sehr weit unten in der Trägerachse ausgegliedert. Die Laubholzäste besitzen deshalb jeweils ein sehr langes, dem Ast zugehöriges Segment an der Trägerachse (vgl. Abb. 1).

Diese unterschiedlichen Formen der Abgliederung der Astleitbahnen scheinen in den unterschiedlichen histologischen und folglich wahrscheinlich auch funktionell verschiedenen Gegebenheiten begründet zu sein.

Da bei den Nadelbäumen im gesamten Tracheidengrundgewebe Wasser geleitet wird, das zudem noch recht langsam fließt, bildet ein Abzweigen eines Teiles des Wasserstromes scheinbar kein so großes Problem. Deshalb kann die Abgliederung von Leitbahnen der Seitenachse offensichtlich auf relativ kurzer Strecke erfolgen.

Die Laubbäume leiten das Wasser des Transpirationsstromes überwiegend in Gefäßen, in denen es außerdem noch recht schnell fließt. Würde der Laubbaum die in die Äste ziehenden Leit-

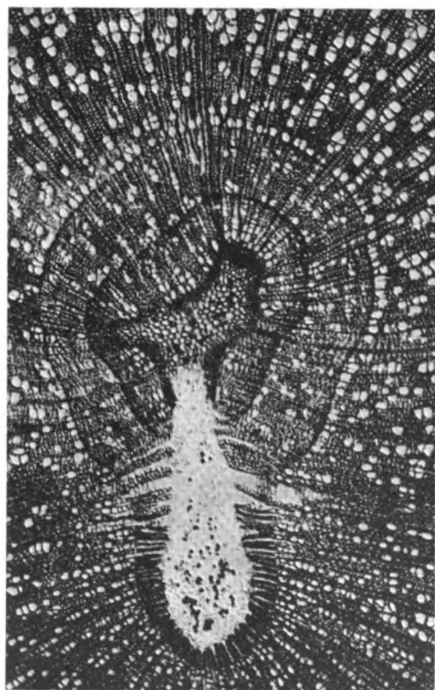


Abb. 8
Betula pendula. Ausschnitt eines Querschnittes von der Basis der Ausgliederung der Seitenachse. Das Holz des ersten Jahresringes der Seitenachse ist segmentiert. In ihm finden sich nur Tracheiden; Gefäße fehlen. (45 x)

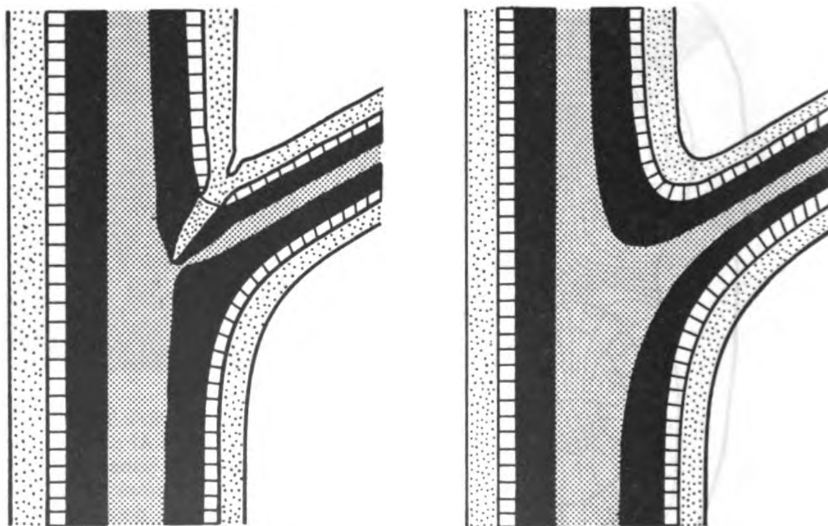


Abb. 9
Gegenüberstellung der Abzweigungstypen. Links der „Abzweigungstyp mit einer Parenchymzone", rechts der „Abzweigungstyp mit einer Leitbahnverbindung". Die sich bei beiden Typen einstellende Störzone blieb zeichnerisch unberücksichtigt.

bahnen wie die Nadelbäume erst kurz vor der Abzweigung abgliedern, könnten Wasserverteilungsschwierigkeiten auftreten. Der in den Gefäßen aufsteigende Wasserfaden müßte vor dem Abzweigen geteilt werden. Wasserverwirbelungen wären die Folge. Möglicherweise würden die Astleitbahnen auch nicht optimal mit Wasser versorgt sein. Um derartige mögliche Folgen zu vermeiden, werden offenbar die in den Ast ziehenden Leitbahnen kontinuierlich auf einer relativ langen internodialen Strecke aus dem Gefäßnetzsystem der Trägerachse abgegliedert.

Es wäre interessant, zu prüfen, ob diejenigen Gymnospermen, die schon Gefäße führen (Ephedra, Gnetum), bezüglich der Leitbahnausgliederung mehr dem Erscheinungsbild der Gymnospermen oder dem der Angiospermen gleichen. Die gleiche Fragestellung ergibt sich aber auch analog für die gefäßlosen Angiospermen aus dem Formenkreis der Winterales.

*b. Vergleich der Abzweigungstypen der Nadel- und Laubbäume*

Die vielfältigen histologischen und funktionellen Varianten, vor allem des Holzkörpers der gymnospermen und insbesondere der angiospermen Bäume und Sträucher, ließ bei diesen auch eine Vielzahl von Abzweigungsvariationen erwarten. Aus den anatomisch-histologischen Untersuchungen des Abzweigungsbereiches der Nadel- und Laubbäume kristallisierten sich jedoch nur jeweils zwei Abzweigungsvarianten heraus, die sich, und das ist das Bemerkenswerte, in ihren anatomischen und histologischen Merkmalen entsprechen. Deshalb lassen sich hier für die Gymnospermen und Angiospermen zwei, allgemein die beiden systematischen Unterabteilungen umfassende, grundsätzliche Abzweigungstypen festlegen:

Der eine Typ, der durch die Cupressaceen und Juglans/Fraxinus repräsentiert wird, besitzt als wichtigstes Merkmal in der Achsel eine Parenchymzone, die sich keilartig zwischen Träger und Seitenachse schiebt. Das Parenchym dieser Achselzone ist zunächst unverholzt, teilweise sehr dünnwandig und ohne erkennbare Tüpfel. Es kann später nachträglich verholzen. Vom 3. - 4. Jahr an kann in der Achsel eine, allerdings recht schmal bleibende Störzone entstehen. Der Holz- und Bastteil des Astabganges dieses Typs biegt ungegliedert als Ganzes ab. Bei diesem Typ ist ein Absprung der Seitenachse nicht möglich.

Dieser Typ soll als *Abzweigungstyp mit einer Parenchymzone, aber ohne spezielle Leitbahnverbindung in der Achsel* bezeichnet werden (Abb. 9).

Der zweite Typ, dem die Pinaceen, Betula, Quercus u. a. zugeordnet werden, besitzt als wichtigstes Merkmal in der Medianzone der Achsel der Abzweigung eine Verbindung zwischen der Seitenachse und dem apikalen Teil der Trägerachse. Diese Verbindung, die nur aus wenigen Leitbahnen besteht, existiert jedoch nur im Jahr der Knospenanlage und teilweise noch in der folgenden Vegetationsperiode. Danach wird sie durch eine anschließend gebildete Störzone unterbrochen.

Die in die Seitenachse ziehenden Leitbahnen von Betula und Quercus werden mehr oder weniger in zahlreiche Segmente zerlegt. Die Art und Weise, in der dies geschieht, läßt eine ansteigende Differenzierung und funktionelle Höherentwicklung vermuten. Diese Erscheinung wird anschließend noch besprochen. Bei diesem Typ können die Seitenachsen vereinzelt separiert werden.

Dieser Typ soll als *Abzweigungstyp mit einer direkten Leitbahnverbindung in der Achsel* bezeichnet werden (Abb. 9).

Die Abzweigungstypen unterscheiden sich also vor allem durch den Bau und die Gestaltung der Astachsel. Bei einer Wertung der beiden Typen muß der Abzweigungstyp mit der Achselverbindung höher eingeordnet werden. Die direkte Leitbahnverbindung zwischen der Seitenachse und dem apikalen Teil der Trägerachse stellt sowohl in funktioneller Hinsicht als auch bezüglich der Stabilisierung des Astabganges einen Fortschritt und eine Weiterentwicklung dar.

Die Erscheinung der Segmentierung innerhalb des zweiten Abzweigungstypes könnte folgendermaßen gewertet werden:

Bei den Pinaceen, die wie Betula und Quercus zu dem Abzweigungstyp mit der direkten Leitbahnverbindung gehören, konnte eine Segmentierung nicht beobachtet werden. Sie können deshalb ihre Seitenachsen nicht aktiv abgliedern.

Bei einer Wertung der Differenzierungsmerkmale des Abzweigungsbereiches der Vertreter des zweiten Abzweigungstyps müßten deshalb die Pinaceen ganz unten eingestuft werden. Der Birke käme dann eine Mittelstellung zwischen den Pinaceen und Quercus zu. Hieraus ergibt sich eine Differenzierungslinie mit Anzeichen einer gewissen Spezialisierung und Höherentwicklung, die von den Pinaceen über Betula zu Quercus reicht. In dieser Höherentwicklung steckt offensichtlich ein Trend zur „Verselbständigung" des Astes, eine Entwicklung zum eigenständigen *Organ*.

Dies wird besonders deutlich bei den Kurztrieben von Pappel und Eiche, die im rückwärtigen Teil eines Jahrestriebes stehen und nur noch die Funktion eines Fruchtträgers erfüllen. Sie werden nach 2 - 3 Jahren — dann schon weit in das Kroneninnere gerückt und in ihrer Vitalität offensichtlich erschöpft — ähnlich wie ein Blatt als ein überflüssiges Organ abgestoßen.

Bei dem ersten Abzweigungstyp mit den Cupressaceen und Juglans/Fraxinus konnte keine derartigen inneren Differenzierungsmerkmale festgestellt werden.

Im Endstadium besitzen beide Abzweigungstypen in der Achsel eine Störzone. Sie tritt beim ersten Typ nach etwa 3 - 4 Jahren auf, beim zweiten Typ regelmäßig nach 1¹/₂ Jahren. Das Auftreten der Störzone bewirkt ganz offensichtlich eine Unterbrechung der physiologisch-funktionellen Einflußnahme des scheitelwärtigen Teiles der Trägerachse nach dem Prinzip der apikalen Dominanz (Bonner u. Galston 1952) und eine „Verselbständigung" der Seitenachsen.

Der eigentliche basalwärtige Anschluß der Seitenachse ist bei allen Baumarten fast gleich gestaltet und spielt für die Typisierung keine Rolle. Die in die Seitenachse ziehenden Leitbahnen können eigentlich nur in mehr oder minder gleicher Weise auf die Flanken, die Ober- und Unterseite des Astes ziehen und eine wieder radiäre Achse bilden. Hierbei sind nur minimale Möglichkeiten der Variation gegeben. Lediglich bezüglich der Ausgliederung der Leitbahnen aus der Trägerachse bestehen zwischen den Nadel- und Laubbäumen gewisse Unterschiede. Diese spielen jedoch für die obige Typisierung der Abzweigung keine Rolle.

Abschließend sei noch bemerkt, daß die hier vorgenommene Typisierung des Abzweigungsbereiches nicht Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann. So konnten z. B. die Vertreter tropischer Bäume nicht in die Untersuchungen einbezogen werden. Auch müßten nach und nach alle weiteren heimischen Bäume und Sträucher auf ihre Typenzugehörigkeit untersucht werden.

## Zusammenfassung

Juglans und Fraxinus besitzen wie die Cupressaceen in ihrer Achsel eine die Träger- und Seitenachse trennende Parenchymzone, die aber möglicherweise eine physiologische Mittlerrolle zwischen beiden Achsen einnimmt. Die in die Seitenachse ziehenden Leitbahnen gehen unzergliedert von der Trägerachse ab. Das Grundgewebe in der Abzweigungszone entspricht dem der internodialen Sproßachse.

Die Abzweigungsverhältnisse von Betula und Quercus entsprechen weitgehend denen der Pinaceen. Sie besitzen in der Achsel

zwischen Träger- und Seitenachse eine direkte Verbindung und eine sich im zweiten Jahr einstellende Störzone, die die ursprüngliche Verbindung unterbricht.

Aus den Ergebnissen der anatomisch-histologischen Untersuchungen des Abzweigungsbereiches lassen sich zwei Abzweigungstypen ableiten. Der „Abzweigungstyp mit einer Parenchymzone, aber ohne spezielle Leitbahnverbindung in der Achsel" umfaßt die Cupressaceen, Juglans und Fraxinus. Zu dem „Abzweigungstyp mit einer direkten Leitbahnverbindung in der Achsel" gehören die Pinaceen, Betula, Quercus u. a.

Innerhalb des zweiten Abzweigungstyps kann eine gewisse innere Differenzierung festgestellt werden, die als Höherentwicklung und funktionelle Anpassung angesehen werden kann.


### Summary

Title of the paper: *IV. The branch formation in Juglans, Fraxinus*, Betula and Fagus and its classification in types.

Juglans and Fraxinus resemble Cupressaceae in having a zone of parenchyma in the axil which separates main and lateral axis, but may physiologically function as connection. Ducts continue undivided from main to lateral axis. The tissue in the axil region equals the internodal tissue.

Betula and Quercus resemble the Pinaceae in having initially a direct connection between main and lateral axis, which is separated by a disturbance zone during the second year.

Two types are recognized: the axil with a parenchyma zone but without special duct connection (Cupressaceae, Juglans, Fraxinus); and the axil type with direct duct connection (Pinaceae, Betula, Quercus and others). Certain internal differentiations within the second type are understood as advancements and functional adaptions.



### Résumé

Titre de l'article: IV. *Cas des rameaux de Juglans — Fraxinus — Betula et Fagus. Classification suivant le type d'organisation de la ramification.*

Dans les genres Juglans et Fraxinus, il existe dans l'axe, comme chez les cupressacées une zone de parenchyme réunissant l'axe princiapl aux axes latéraux et qui a, dans une certaine mesure, un rôle physiologique. Les faisceaux conducteurs qui suivent les axes latéraux partent de l'axe principal et ne sont pas interrompus. Le tissu initial de la zone de ramification correspond à celui existant dans les entre-noeuds de l'axe principal.

Dans les genres Betula et Quercus, l'organisation de la zone de ramification est très proche de celle que l'on rencontre chez les Pinacées. A l'aiselle de l'axe principal et des axes latéraux il existe une liaison directe; au cours de la deuxième année, il se crée une zone inorganisée qui rompt les liaisons originelles.

Sur la base de ces études anatomiques et physiologiques, on peut distinguer deux groupes suivant l'organisation dans la zone de ramification:

a) présence d'une zone de parenchyme mais sans faisceau conducteur spécial à l'aiselle des ramifications. Cas des Cupressacées et des genres Juglans et Fraxinus.

b) présence d'un faisceau conducteur assurant une liaison directe à l'aiselle. Cas notamment des Pinacées et des genres Betula et Quercus.

Dans ce deuxième type, on peut encore montrer certaines différences internes qui peuvent être considérées comme une évolution plus poussée et une adaptation fonctionnelle.


### Literatur


Bonner, J. u. A. W. Galston: Principles of plant physiology. San Francisco: W. H. Freeman & Comp. 1952. — Mohr, H.: Pflanzenphysiologie. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1969.


## V. Die anatomisch-histologischen Unterschiede im Verzweigungsbereich zwischen der Fruchtstandachse und den benachbarten Seitenachsen von Acer platanoides L. und Acer pseudoplatanus L.

(Mit 3 Abbildungen)

### Einleitung

Unsere heimischen Ahornarten gehören zu den Baumarten, deren Seitenachsen in der Jugend, genau wie die Hauptachse, grundsätzlich monopodial wachsen. Im mannbaren Alter gehen die Terminalknospen der Seitenachsen jedoch in der Blütenbildung auf. Die der Blüten- bzw. Fruchtstandsachse benachbarten Seitenknospen setzen dann in sympodialer Weise das Sproßwachstum fort. Zwischen Acer platanoides und Acer pseudoplatanus besteht hinsichtlich des Austriebes der Blütenstände und den aus den benachbarten Seitenknospen hervorgehenden Seitenachsen ein sehr auffälliger, in Bestimmungsbüchern bis jetzt noch nicht beschriebener Unterschied (Abb. 1).

### Material und Methoden

siehe 1. Veröffentlichung.

### Ergebnisse

#### 1. Die morphologischen Unterschiede

Acer platanoides blüht im Gegensatz zu A. pseudoplatanus zu Beginn der Vegetationsperiode, noch vor der Laubentfaltung im April/Mai. Der Blütenstand, der am Ende des jungen Jahrestriebes steht, wird beim Spitzahorn, noch ehe die Sproßachse zur Streckung gekommen ist, bevorzugt zur vollen Entwicklung gebracht. Erst danach streckt sich der junge Sproß und entfalten sich die Blattanlagen und zwar akroton gefördert zuerst die obersten Blätter. Gleichzeitig mit der Entfaltung des obersten Blattpaares erscheinen in deren Achseln die das Sproßwachstum fortsetzenden Seitenachsen, die sich synchron mit der Trägerachse entwickeln. Diese Seitenachsen treiben damit ganz eindeutig proleptisch aus; es kommt gar nicht erst zu einer Knospenbildung. Die Seitenachsen können noch ein bis drei Blattpaare ausbilden,

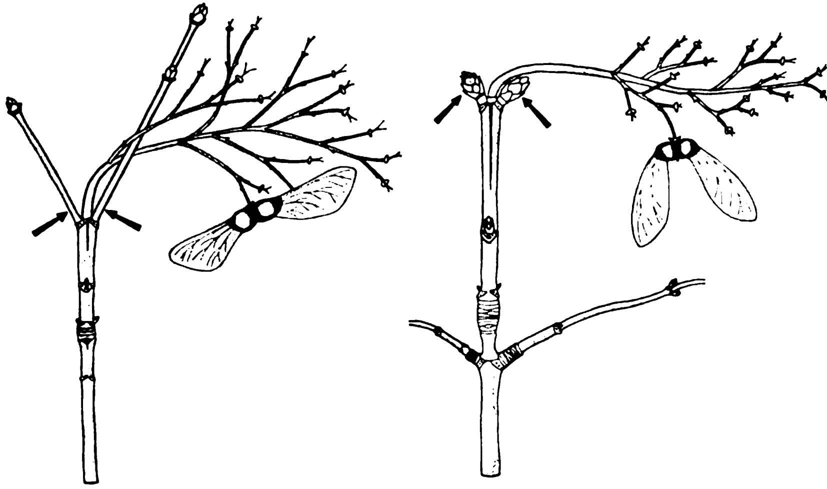


Abb. 1
Im Herbst zeigt der Verzweigungsbereich zwischen der Fruchtstandsachse und den das Sproßwachstum fortsetzenden Seitenachsen der beiden Ahornarten Acer platanoides L. (links) und A. pseudoplatanus L (rechst) die im Bild festgehaltenen (Pfeil) morphologischen Unterschiede. Nähere Erläuterung im Text.

die aber deutlich kleiner als die Blätter der Trägerachse sind. Die unterseitige Achse des Seitenachsenpaares ist fast regelmäßig stärker gefördert (vgl. Abb. 1).

Acer pseudoplatanus blüht dagegen erst nach dem Laubausbruch im Mai/Juni, d. h. der Blütenstand wird erst später zur Entwicklung gebracht. Im Gegensatz zu Acer platanoides werden in dem obersten, der Blütenstandsachse benachbarten Blattpaar aber normale Knospen ausgebildet, die erst im folgenden Jahr austreiben und in sympodialer Weise das Sproßwachstum fortsetzen. Diese beiden Knospen sind relativ groß (vgl. Abb. 1). Oft ist die untere Knospe epinastisch gefördert.

## 2. Die anatomisch-histologischen Unterschiede

Die Untersuchung der anatomisch-histologischen Verhältnisse des Verzweigungsbereiches zwischen Fruchtstandsachse und den Seitenachsen brachte einige interessante Aufschlüsse, die vielleicht mithelfen können, das oben geschilderte unterschiedliche morphologische Verhalten beider Ahornarten zu erklären.

Bei Längsschnitten durch die Mediane der Basis von Fruchtstandsachse und Seitenachsen konnte festgestellt werden, daß beim Bergahorn in der Achsel eine Leitbahnverbindung existiert, beim Spitzahorn jedoch nicht (Abb. 2).

Diese anatomischen Unterschiede konnten durch Querschnittserien durch diesen Bereich weiter aufgeklärt werden (siehe Abb. 3). Der Leitgewebemantel der Blüten- bzw. Fruchtstandsachse von Acer platanoides wird im Gegensatz zu Acer pseudoplatanus beim Übergang in die Trägerachse in mehrere einzelne Segmente zerlegt (Schnitt 1 der Abb. 3, links). Sie weichen beim Übergang in den unterliegenden Sproßabschnitt auf der Höhe des Anschlusses der Seitenachsen aus der Medianebene auf die Flanken aus (Schnitt 2 - 3) und geben eine Parenchymlücke frei. Der geschlossene Mantel von Bast + Holz der Seitenachsen öffnet sich wenig später ebenfalls. Eine direkte Verbindung in der Achsel zwischen der Fruchtstandsachse und der Seitenachse wird dadurch ausgeschlossen (Schnitt 3). Es besteht nur eine Parenchymbrücke, unter der sich die Markverbindung findet. An den Flanken (sagittal) legen sich die jeweils äußeren Segmente der Seitenachsen und der Fruchtstandsachse ineinander und bilden von da an den jetzt wieder geschlossenen Holz- und Bastmantel der Trägerachse (Schnitt 4), der weiter unten dann wieder normale Symmetrieverhältnisse erreicht (Schnitt 5). In diesem Bereich treten dann noch einige Blattspuren ein.

Der Mantel von Bast + Holz der Fruchtstandsachse von Acer pseudoplatanus ist zwar auch stark von Strahlen (weiße Striche im Holzteil) durchsetzt, wird jedoch beim Übergang in die Trägerachse nicht in viele einzelne Segmente zerlegt (Schnitt 1 - 2 der Abb. 3, rechts). In der Mediane findet sich in der Fruchtstandsachse jeweils rechts und links ein breiter Strahl (Schnitt 2, bS), der dann etwas tiefer in Richtung auf die Seitenachse stark dilatiert (dS) und bis an dessen Leitgewebsmantel heranzieht (Schnitt 3). Das Strahlenparenchym ist im dilatierten Teil teilweise stark verwirbelt. Man ist versucht, dieses Strahlenparenchym mit den Parenchymlücken über Blattspuren zu vergleichen. Unter diesem

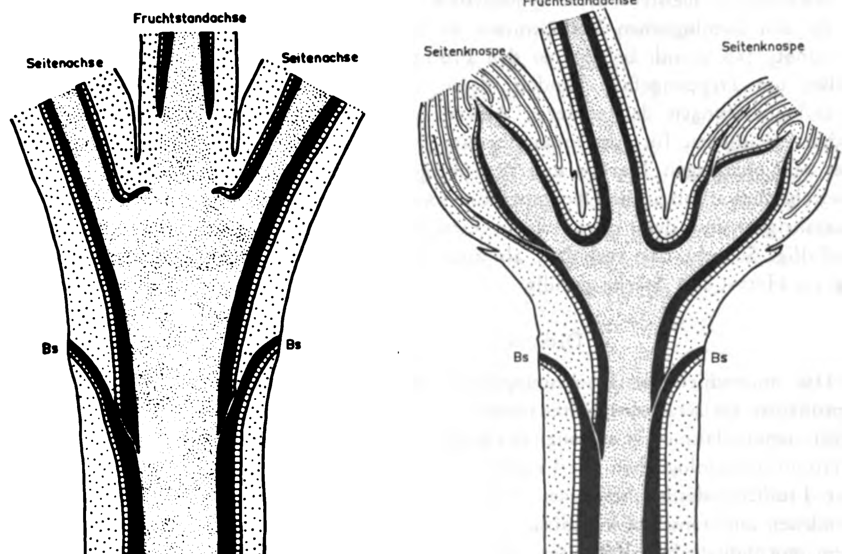



Abb. 2
Medianschnitt durch den Verzweigungsbereich von Acer platanoides L. (links) und Acer pseudoplatanus L. (rechts). Bei Acer platanoides existiert im Gegensatz zu Acer pseudoplatanus in der Mediane der Achsel keine Verbindung von der Fruchtstandsachse zur Seitenachse.

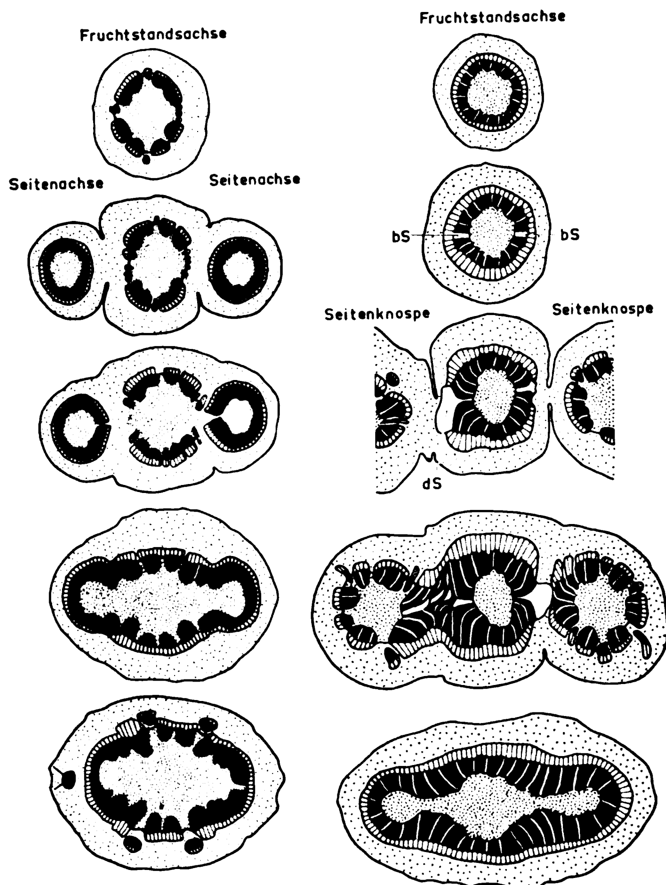



Abb. 3
Querschnittserien durch den Verzweigungsbereich von Acer platanoides (links) und A. pseudoplatanus (rechts). Abkürzungen: bS = breiter Strahl, dS = dilatierter Strahl.

Strahl folgt dann die im Längsschnitt gefundene Verbindung von der Fruchtstandsachse zur Seitenachse: Die inneren, einanderzugewandten Teile des Holz + Bast-Mantels beider Achsen gehen ineinander über. Dabei kommt es zu seitlichen Verlagerungen und Verwirbelungen. Der ganze Bereich ist stark von Strahlenparenchym durchsetzt (Schnitt 4). Darunter kommt dann die Markverbindung. Die restlichen Teile des Leitgewebemantels der Seitenachsen ordnen sich wie bei Acer platanoides kontinuierlich dem zentralen Strang von Bast + Holz der Ursprungsachse an. Aufgrund der epinastischen Förderung einer Seitenachse sind die Abzweigungen meistens nicht symmetrisch ausgebildet.

Zu den histologischen Verhältnissen im Nodialbereich sei noch erwähnt, daß es sich bei den in den Fruchtstand ziehenden Gefäßen um Treppengefäße handelt, deren leiter- und netzartige Wandversteifungen den späteren Abwurf der Fruchtstandsachse sicher erleichtern. Im Abtrennungsbereich bleiben die Zellwände des sehr mächtigen Markes und des übrigen parenchymatischen Gewebes unverholzt. Die Übergangszone zwischen dem verholzten vorjährigen und dem unverholzten diesjährigen Mark ist sehr auffällig. Sowohl das verholzte als auch das unverholzte Mark ist im Herbst mit Stärke gefüllt.

### Diskussion

Das unterschiedliche Erscheinungsbild der das Wachstum der Sproßachse fortsetzenden Seitenachsen von Acer platanoides und Acer pseudoplatanus kann möglicherweise seine Erklärung in den anatomisch-histologischen Verhältnissen in der Achsel zwischen der Fruchtstandsachse und den Seitenachsen finden. Die vorgefundenen anatomischen Verhältnisse in dieser Achsel scheinen mit dem morphologischen Verhalten der Seitenachsen zu korrelieren.

Voraussetzen muß man bei der anschließenden Betrachtung, daß von der terminal stehenden Blüten- bzw. Fruchtstandsachse ein Wuchsstoffstrom ausgeht, der korrelativ die Entwicklung tieferstehender Organe, in unserem Fall die den Sproß fortsetzenden Seitenachsen, zu beeinflussen vermag. Bei Acer platanoides fehlt im Gegensatz zu Acer pseudoplatanus ein direkter Anschluß in der Achsel von der Blüten- bzw. Fruchtstandsachse zu den Seitenachsen. Es wäre möglich, daß die Seitenachsen des Spitzahorns durch das Fehlen einer physiologisch-funktionellen Brücke ungeblockt proleptisch austreiben können, während die Seitenachsenanlagen beim Bergahorn über die bestehende Verbindung durch ein „molekulares System" (MOHR 1969) am Austrieb im gleichen Jahr gehindert werden und sich nur zur Knospe entwickeln können, die erst im folgenden Jahr, nach Absterben des Fruchtstandes, austreiben.

Gibt es für dieses Verhalten vielleicht einen Grund? Hier eine mögliche Begründung: Die Seitenachsen bilden zweifelsohne für die Blütenstandsachse Nahrungskonkurrenten. Beide, sowohl die Seitenachsen als auch die sich an der Blütenstandsachse entwickelnden Samen, benötigen große Mengen der Assimilatreserven. Dem Bergahorn steht auf seinem natürlichen Standort eine im Vergleich zum Spitzahorn relativ kürzere Vegetationsperiode zur Verfügung. Er benötigt und steckt deshalb wahrscheinlich alle gebildeten Assimilate zuerst in die Ausbildung der Samen und kann sich den gleichzeitigen Austrieb der Seitenachsen nicht leisten.

Die obige Annahme der Beeinflussung der Seitenachsenentwicklung muß natürlich bewiesen werden. Mit einem einfachen Versuch glaubten wir vielleicht schon einen Beweis zu erhalten. Sofort nach dem Austrieb der Sproßachse wurden beim Bergahorn die jungen Blütenstandanlagen abgeknipst, in der Erwartung, daß die Seitenachsenknospen, die eine Verbindung zur Blütenstandachse besitzen, über die sie möglicherweise durch eine Wuchsstoffbeeinflussung am proleptischen Austrieb gehindert werden, jetzt im Verlaufe der Vegetationsperiode vielleicht doch austreiben. Dieser Austrieb trat jedoch nicht ein. Die Seitenachsenanlagen entwickelten sich nur zu recht kräftigen Knospen. Möglich wäre deshalb, daß keine physiologische Beeinflussung vorliegt. Wahrscheinlich ist aber das morphologische Verhalten genetisch so fest geprägt, daß es trotz der Eingriffe zu keinem proleptischen Austrieb kam.

Ein anderes Problem bildet die Versorgung der Blüten- bzw. Fruchtstandachse mit Nahrungsstoffen. Da Acer platanoides vor Laubausbruch blüht, müssen die Baustoffe für die Anlage der Blütenstandachse ausschließlich aus den Reserven des Stammes bezogen werden. Acer pseudoplatanus könnte dagegen, da die Blütenstandsachse erst nach Laubausbruch zur Entwicklung gebracht wird, schon die von den Blattanlagen assimilierten Kohlenhydrate zur Ausbildung der Blütenstandachse heranziehen.

Dieser etwas vereinfachenden Darstellung zufolge müßte die Blütenstandachse vom Bergahorn nach frühzeitiger Entfernung der Blattanlagen in ihrer Entwicklung beeinträchtigt werden. Dies ist, wie ein Versuch bewies, nur bedingt der Fall. Auch nach Entfernung der Blätter am jungen Sproß wurden die Früchte ausdifferenziert; sie scheinen jedoch nicht so kräftig wie normale Früchte entwickelt zu sein. Eine Prüfung der Keimfähigkeit konnte noch nicht vorgenommen werden. Außerdem zeigten die Flügel der Samen sehr früh Vergilbungserscheinungen. Die Reserven für die Ausbildung der Früchte dürften in diesem Fall aus dem ausgedehnten System lebender Holzfasern in der Sproßachse bezogen werden, die allgemein mit Stärke vollgestopft sind.

### Zusammenfassung

Zwischen Acer platanoides und Acer pseudoplatanus bestehen bezüglich des Austriebes der das Sproßwachstum fortsetzenden Seitenachsen deutliche Unterschiede, die offensichtlich mit den

anatomisch-histologischen Verhältnissen in der Achsel zwischen Fruchtstandachse und den Seitenachsen korreliert sind. Die Seitenachsen des Spitzahorns treiben proleptisch aus; ihm fehlt in der Achsel zwischen der Blüten- bzw. Fruchtstandachse eine spezielle Leitbahnverbindung. Die Seitenachsen des Bergahorns treiben erst im folgenden Jahr aus; er besitzt dagegen eine direkte Leitbahnverbindung in der Achsel zwischen den Seitenachsen und der Blüten- bzw. Fruchtstandachse.

**Summary**

Title of the paper: *Anatomical-histological studies of the nodal region in conifers and broadleeaved species.*

*V. The anatomical-histological differences in the nodal regions of inflorescence and neighbouring lateral axes in Acer platanoides L. and A. psuedoplatanus L.*

Flushing of lateral branches in the two species differs, apparently due to correlated anatomical-histological characteristics in the axils between inflorescence and lateral shoots. The lateral shoots in A. platanoides are proleptic and special ducts are absent in the axils. Lateral shoots in A. pseudoplatanus flush in the following year and direct ducts are present. E. F. Br.

**Résumé**

Titre le l'article: *V.* Différences anatomiques et physiologiques existant dans la zone de ramification entre les rameaux fertiles et les rameaux latéraux voisins chez *Acer platanoides L.* et *A. pseudoplatanus L.*

Entre *Acer platanoides* et *Acer pseudoplatanus* il existe des différences significatives dans le développment des axes latéraux qui apparaissent après la croissance du bourgeon terminal; ces différences sont en corrélation avec l'organisation que l'on trouve à l'aisselle des rameaux fertiles et des rameaux latéraux.

Chez *A. platanoides,* les rameaux latéraux apparaissent rapidement; il n'existe pas de faisceaux conducteurs spéciaux assurant une liaison directe à l'aisselle des rameaux fertiles (fleurs et fruits).

Chez *A. pseudoplatanus* les rameaux n'apparaissent que la deuxième année, par contre on constate l'existence d'une liaison directe. J. M.

# Über die Kronenstruktur in einem älteren Fichtenbestand

Aus dem Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München

(Mit 4 Abbildungen)

Von B. v. DROSTE ZU HÜLSHOFF

## 0. Einleitung

Bereits R. HARTIG erkannte, daß zur Erforschung der Wachstumsgesetze im Wald Untersuchungen erforderlich sind, die nicht nur den Ertrag an Derbholz, sondern die gesamte organische Produktion berücksichtigen. Es war daher für R. HARTIG selbstverständlich, daß er bei seinen „Wachstumsuntersuchungen an Fichten" (1895) auch Reisig- und Nadelgewichte bestimmte und die Unterschiede in der Zuwachsleistung in Zusammenhang mit der Kronenstruktur sah.

Die wohl aufschlußreichsten Arbeiten über die Kronenstruktur der Fichte verdanken wir u. a. BURGER (1927, 1937, 1939a 1939b, 1941, 1952, 1953), MAR:MØLLER (1945), SCHMIDT (1949, 1953), SCHÖPFER (1961), KERN (1966).

## 1. Problemstellung

Der Untersuchungsbestand stockt auf älterem Würmschotter. Der Bodentyp ist eine Parabraunerde. Die Jahresniederschläge liegen bei 975 mm, die mittlere Jahrestemperatur beträgt 7 °C. Der Bestand weist nach der Fichtenertragstafel 1963 von ASSMANN-FRANZ für Bayern ein oberes Ertragsniveau und eine Oberhöhenbonität 35 auf. Die Grundfläche entspricht mit 57.3 m² je ha annähernd der optimalen Grundfläche nach dieser Tafel. Bei einem Schaftholzvorrat von 728 Vfm m. R. wird zur Zeit ein jährlicher Zuwachs von fast 16 Vfm m. R. geleistet.

Im Untersuchungsbestand werden ökologische Messungen zum Erfassen der oberirdischen Primärproduktion durchgeführt; u. a. wird der Gaswechsel in der Kronenschicht mit Gaswechselkammern gemessen, die KOCH (1968) in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens entwickelt hat. Im gleichen Bestand ermittelt BAUMGARTNER (1956, 1965, 1966, 1968a, 1968b) nach einem von ihm entwickelten Verfahren Wasserdampf- und $CO_2$-Gradienten, die ebenfalls Rückschlüsse auf den Gaswechsel verschiedener Bestandes- und Kronenschichten zulassen.

Diese Methoden der Produktivitätsmessung setzen u. a. eine genaue Kenntnis der Bestandes- und Kronenstruktur, insbesondere der Oberflächen- und Trockengewichtsverteilung in der Kronenschicht voraus.

In der vorliegenden Arbeit werden strukturelle und dynamische Kenngrößen für die Durchschnittskrone im Untersuchungsbestand mitgeteilt.

Da der Verfasser bereits an anderer Stelle über die Struktur, Biomasse und den Zuwachs des Untersuchungsbestandes berichtet hat (1968, 1969, 1970), werden die Grundzüge des Untersuchungsganges und des Berechnungsverfahrens nur skizzenhaft dargestellt, soweit dies zu einem Verständnis der neuen Auswertungsergebnisse erforderlich ist.

Die Untersuchungen wurden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert. Sie standen unter der koordinierenden Leitung von Professor Dr. E. ASSMANN, dem ich an dieser Stelle für alle Unterstützung herzlich danken möchte.

## 2.0. Untersuchungsmethode, Berechnungsverfahren

OVINGTON, FORREST, ARMSTRONG (1967) und SATOO (1967) haben sich mit dem Problem der Probebaumauswahl befaßt und kamen zu dem Ergebnis, daß an Hand von 5 Probebäumen eine recht genaue Schätzung der Kronengewichtsgrößen für einen Bestand möglich ist. Voraussetzung ist allerdings, daß bei der Auswahl die Verteilung der Bäume auf die Grundflächenklassen im Bestand berücksichtigt wird. Nach diesem Verfahren wurden auch im Untersuchungsbestand 5 Bäume für die Kronenstrukturanalyse ausgewählt und gefällt. Eine Vollerfassung aller Kronenorgane der Probebäume kam wegen des hohen Aufwandes nicht in Betracht.

Es wurde ein mehrschichtiges Stichprobenverfahren angewendet. Es beruht auf den korrelativen Beziehungen des Asttrockengewichts mit der Asthöhe und dem Astdurchmesser und auf der wahrscheinlichen Häufigkeit der Jahrestriebe und Nadeln an den einzelnen Sproßordnungen sowie den zu erwartenden Dimensionen und Meßwertstreuungen.

Morphometrische Messungen an allen Stichprobeneinheiten dienten ihrer Beschreibung nach Zahl, Größe und Lage im Kronenraum. Gravimetrische Messungen gaben Aufschluß über die Trocken-

gewichte. Zur Herleitung der Nadeloberfläche wurden 96 Nadeln, die aus verschiedenen Kronenstraten stammten und unterschiedliche Nadelalter repräsentierten, entnommen, von diesen 480 Querschnitte angefertigt und die Querschnittsumfänge gemessen.

Das Alter der Jahrestriebe und Nadeln bestimmten wir in den meisten Fällen an Hand der Knospenspur oder über das Alter benachbarter Jahrestriebe.

Die Erhebung an Hand von Stichproben erfordert für die Übertragung der beobachteten Größen auf die gesamte Krone geeignete Schätzverfahren.

Schätzfunktionstyp und Variablenkombination konnten auf Grund der Ergebnisse von Faktorenanalysen und auf- und abbauenden Regressionsrechnungen festgelegt werden.

Ohne hier auf nähere Einzelheiten einzugehen, sei erwähnt, daß die Nadeloberfläche über eine praktische Integration der Nadelumfänge gewonnen wurde. Mit Hilfe der Schätzbeziehungen ließen sich Oberflächen-, Trockengewichts-, Zuwachs- und Alterswerte für einzelne Kronenstraten und die Gesamtkrone berechnen.

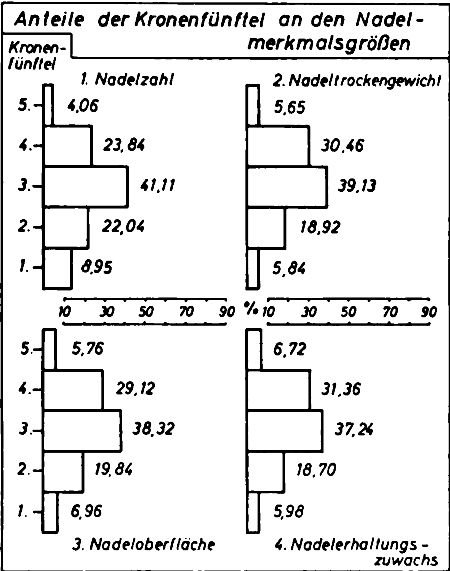



Abb. 1

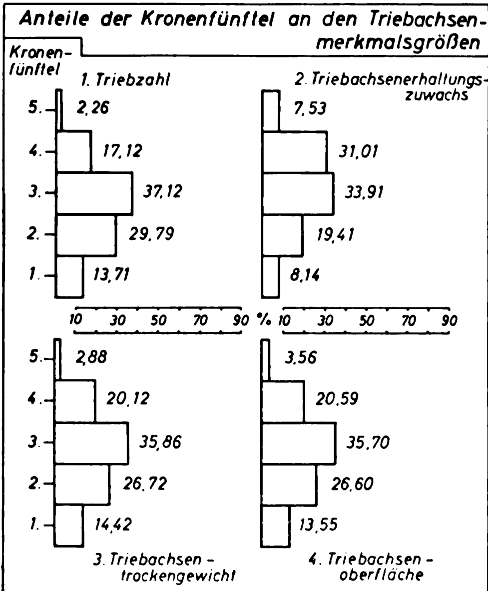



Abb. 2

### 3.0. Kronenstruktur des Modellbaumes

Durch Wichtung mit der Grundfläche in Brusthöhe erhält man eine durchschnittliche Verteilung der Kronenmerkmalsgrößen für einen Modellbaum, der die durchschnittliche Kronenstruktur im Bestand repräsentiert. Unterteilt man die Kronenlänge in 5 gleichbreite Straten, so resultieren hieraus relative Kronenschichten gleicher absoluter Mächtigkeit in Abhängigkeit von der individuellen Kronenlänge. Wenn auch die absolute Größenordnung der Kronenmerkmalsgrößen im gleichen Kronenstratum je nach Probebaum sehr unterschiedlich ausfällt, so bleiben doch die prozentualen Anteilswerte für die Kronenschichten an den Gesamtwerten für die Krone annähernd gleich. Dies weist auf bestehende Gesetzmäßigkeiten im Kronenaufbau hin.

Vergleicht man aber die Relativwerte verschiedener Kronenhöhenschichten miteinander, so zeigen sich erhebliche Strukturunterschiede, die im wesentlichen auf einen unterschiedlichen Lichtgenuß und ein verschieden hohes Wachstumsalter der einzelnen Kronenbereiche zurückgeführt werden können.

Da Relativwerte die Eigentümlichkeit der Kronenstruktur besser hervortreten lassen, werden diese in der Abb. 1, 2, 3, 4 verwendet, um Kronenstruktur und Dynamik der Kronenvorratsänderung zu veranschaulichen.

Wie Abb. 1 und 2 zeigen, weisen Nadel- und Triebmerkmalsgrößen im Verteilungsbild auffallende Unterschiede auf. In allen Darstellungen tritt aber ein höchster Anteilswert in der Mittel-

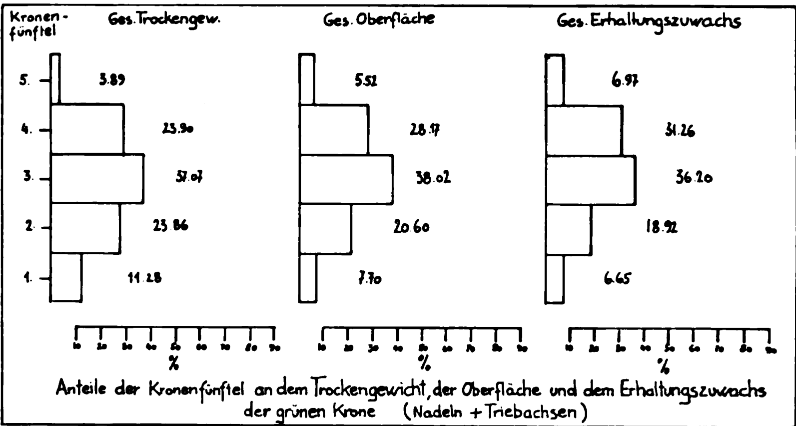



Abb. 3

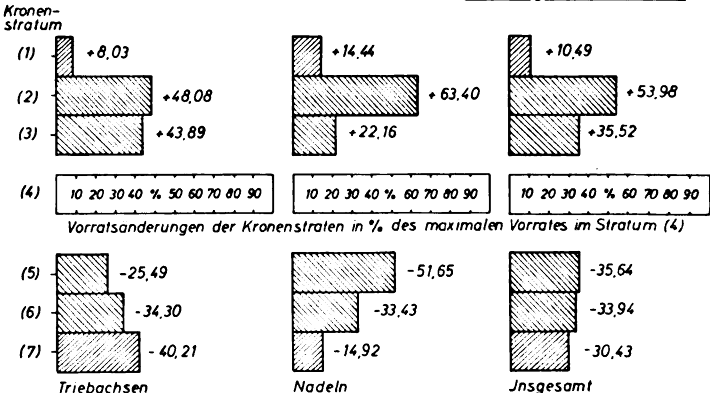



Abb. 4

krone auf, um den sich die geringeren Prozentwerte für die Licht- und Schattenkrone in sehr unterschiedlicher Weise gruppieren.

Die Anteile für die Mittelkrone liegen bei den Nadelmerkmalsgrößen mit 34 - 37 % merklich höher als diejenigen der Triebmerkmalsgrößen mit 34 - 37 %.

Bei den Nadelmerkmalsgrößen kann man einen Verteilungsschwerpunkt erkennen, der im Übergangsbereich von der Mittel- zur Lichtkrone liegt; bei den Triebmerkmalsgrößen — mit Ausnahme des Erhaltungszuwachses — tendiert er jedoch deutlich zur Schattenkrone.

Der Trieberhaltungszuwachs wird sichtlich, ebenso wie die Nadelmerkmalsgrößen, durch den höheren Energie- und Lichtgenuß in der Oberkrone begünstigt; die übrigen Triebmerkmalsgrößen nehmen dagegen bei einem höheren Wachstumsalter in der Mittel- und oberen Schattenkrone relativ hohe Werte an.

Nadeltrockengewicht und Nadeloberfläche sind annähernd gleichartig auf die Kronenfünftel verteilt, die Nadeloberfläche bleibt daher je Einheit Nadeltrockengewicht im großen und ganzen konstant. Da eine Nadeloberflächenbestimmung aufwendig ist, kann man ohne komplizierte Messungen von dem Nadeltrockengewicht auf die Nadeloberfläche schließen. Für den Untersuchungsbestand kann bei Überschlagsrechnungen eine Nadeloberfläche von 13.635 $m^2$ je kg Nadeltrockengewicht eingesetzt werden.

Die Nadelzahlverteilung weicht stark von derjenigen der anderen Nadelmerkmalsgrößen ab. Dies steht im Zusammenhang mit den lichtabhängigen Veränderungen der Nadelmorphologie und der sich ändernden chemischen Zusammensetzung. Eigene Untersuchungen belegen, daß Nadeln in der Lichtkrone im Vergleich zu Nadeln in der Schattenkrone ein 3-faches an Gewicht und Oberfläche und ein 7-faches an Volumen annehmen können.

Schon die Veränderungen im Nadelbau — z. B. die Verschiebung des prozentualen Achsenverhältnisses Nadeldicke zu Nadelbreite — zeigt an, wie lichtabhängig dieses Assimilationsorgan reagiert. Gewichts- und Oberflächenzunahme beruhen außerdem auf einem Anwachsen der Nadellänge in der Oberkrone, das auch BURGER (1939) feststellen konnte.

Die Verteilung des Nadelerhaltungszuwachses[1]) ist der Nadeltrockengewichts- und Oberflächenverteilung ähnlich. Fast 69 % des Nadelerhaltungszuwachses werden von der Mittel- und unteren Lichtkrone geleistet; der Anteil dieser Kronenstraten am Trieberhaltungszuwachs beträgt 65 %.

Triebachsentrockengewichts- und Triebachsenoberflächenverteilung sind fast identisch. Die Triebachsenoberflächenberechnung kann daher vereinfacht und ein Oberflächenwert von 0,987 $m^2$ je kg Triebachsentrockengewicht für eine überschlägliche Oberflächenberechnung im Untersuchungsbestand unterstellt werden.

Während bei den Nadeln ein enger Zusammenhang zwischen Trockengewicht und Oberfläche einerseits und Erhaltungszuwachs andererseits besteht, ist bei den Trieben der Trieberhaltungszuwachs asymmetrisch zur Lichtkrone verlagert, die Verteilung der übrigen Triebmerkmalsgrößen zeigt aber eine asymmetrische Verschiebung zur Schattenkrone.

Die Triebzahlen verteilen sich schwerpunktmäßig auf die Mittel- und obere Schattenkrone. Die Triebbildung schreitet mit höherem Wachstumsalter zunächst geometrisch durch weitere Aufzweigung der Krone voran, bis schließlich die ökologischen Bedingungen in der tieferen Schattenkrone zu einer verringerten Triebneubildungs- und erhöhten Triebverlustrate führen.

Abb. 3 stellt ein Modell für die Verteilung der Gesamtkronenoberfläche, des Gesamtkronentrockengewichts und des Gesamterhaltungszuwachses (Nadeln und Triebachsen) auf die Kronenfünftel dar. Die Anteile der Mittelkronenschicht sind hier unabhängig von der Merkmalsgröße mit 36 - 38 % fast gleich. Der Gesamterhaltungszuwachs wird vor allem in der Mittel- und unteren Lichtkrone geleistet, der Beitrag der Schattenkrone liegt bei nur 25 %. Nicht so ausgeprägt, aber doch deutlich erkennbar, verteilt sich die Gesamtoberfläche ebenfalls vorwiegend auf Mittel- und untere Lichtkrone. Das Gesamtkronentrockengewicht ist bei leichtem Übergewicht der Schattenkrone annähernd symmetrisch strukturiert.

### 3.1. *Dynamischer Prozeß der Kronenvorratsänderung*

Aus den Kronenstrukturdiagrammen (Abb. 1, 2, 3) werden verschiedene Stadien der Kronenvorratsentwicklung deutlich. Gegenüber dem maximalen Trockengewichtsvorrat in der Mittelkrone erscheinen Licht- und Schattenkrone unterbevorratet. Im Vergleich zur Mittelkrone vollzieht sich in der Oberkrone ein Vorratsaufbau und in der Schattenkrone eine Auflösung des Kronenvorrates.

Setzt man die maximale Vorratsgröße der Mittelkrone gleich 100 % und bezieht man die Vorratshöhe der übrigen Kronenstraten hierauf, so kann man ein vereinfachtes Modell für die Kronenvorratsänderung ableiten (Abb. 4).

In den Straten 2 und 3 findet ein Vorratsaufbau statt, der später zur Bildung einer neuen Mittelkrone führen wird; in den Schichten 5 und 6 wird dagegen die frühere Mittelkrone abgebaut; gleichzeitig entsteht eine neue Lichtkrone durch Aufstocken und verschwindet die alte Schattenkrone durch Absterbevorgänge.

Die stärksten Vorratsänderungen spielen sich in der Schicht 2, der Hauptzuwachsschicht ab. Dies überrascht nach den bisherigen Feststellungen der Bindung hoher Zuwachsleistungen an energiebegünstigte Straten nicht. Allein 48 % der Triebachsen und 63 % des Nadelvorrats der späteren Mittelkrone werden hier aufgebaut. Aufschlußreich ist, daß die Nadelvorratsbildung der Triebvorratsbildung vorauseilt. Für eine erhebliche Lichtabhängigkeit der Nadeln spricht auch die rasche Liquidation der Hälfte des Nadelvorrates der früheren Mittelkrone in der Schicht 5, die in der Schattenkrone liegt. Der Abbauprozeß verläuft bei den Triebachsen nicht nur langsamer, sondern unterliegt auch einer deutlichen Beschleunigung von Stratum 5 nach Stratum 7.

Da der Triebachsenvorrat der Krone erheblich größer ist, als der Nadelvorrat — im Durchschnitt erreicht er den doppelten Wert — tendiert die Gesamtvorratsänderung eher zu derjenigen der Triebachsen.

Für die Kronenfünftel ergeben sich durch den natürlich bedingten Ablauf des Höhenwachstums des Gipfeltriebes unterschiedliche Altersspannen. Bei den vorherrschenden Probebäumen wurde im Mittel die untere Schattenkrone vor 34 bis 29 Jahren, die obere Schattenkrone vor 29 bis 23 Jahren, die Mittelkrone vor 23 bis 17 Jahren, die untere Lichtkrone vor 17 bis 10 Jahren und die obere Lichtkrone vor 10 Jahren bis zur Gegenwart gebildet. Das deutlich sichtbare, allmählich altersbedingte Abklingen des Höhenwachstums begünstigt neben einem erhöhten Energiegenuß den Aufbau eines hohen Kronenvorrates in der Licht- und Mittelkrone.

### 4.0. Zusammenfassung

Durch die größere Energiezufuhr im Bereich der Lichtkrone ist die asymmetrische, zur Oberkrone verlagerte Nadeloberflächenverteilung von besonderer Bedeutung für das anteilige Ausmaß der Kronenfünftel an produktiver Transpiration, Assimilation, Respiration und Niederschlagsinterzeption. Es kann angenommen werden, daß für diese energieabhängigen, an aktive Oberflächen gebundenen Prozesse die untere Licht- und die Mittelkrone die entscheidenden Straten sind. Von diesen Schichten wird auch der Hauptanteil zum jährlichen Zuwachs beigesteuert.

[1]) Die Zuwachswerte für die Kronenorgane sind sogen. „Erhaltungsgrößen", da sie auf Grund des durchschnittlichen Massenalters der Kronenorgane aus dem Kronenvorrat berechnet wurden.

**Summary**

This paper deals with the canopy structure of a 76 year old Norway spruce stand near by Munich. Figure 1 illustrates the relative distribution to five crown layers of numbers, dry weight, surface and crown-structure-supporting-increment of needles. Figure 2 shows the analogue values regarding shoot axes. Figure 3 gives the distribution of the total crown dry weight, surface and crown-structure-supporting-increment. In figure 4 a model is shown for the dynamic alteration process in dry weight storage, on the left for shoot-axes, in the middle for needles and on the right for total dry-weight. The storage alteration values are given in respect to the maximum storage value of the middle crown.

**Résumé**

Titre de l'article: *Structure des couronnes dans un peuplement d'épicéa d'âge moyen.*

Cinq strates sont distinguées dans les couronnes; la partie éclairée de la couronne recevant le plus d'énergie, il en résulte une répartition asymétrique de la surface des aiguilles qui est plus importante dans la partie supérieure de la couronne. Ceci a des conséquences importantes pour la transpiration, l'assimilation, la respiration et l'interception des précipitations au niveau des différentes strates considérées.

La partie inférieure de la zone éclairée de la couronne et la couronne moyenne constituent les strates les plus importantes pour ces processus dépendant de l'énergie reçue et liés aux surfaces actives. L'accroissement annuel dépend également essentiellement de ces strates. J. M.

**Literatur**

Assmann, E.: Waldertragskunde. 490 S., München-Bonn-Wien BLV Verlag, 1961. — Ders.: Möglichkeiten zur Steigerung der organ. Produktion und der Ertragsleistung von Wäldern. Erschienen in „Produktivitätssteigerung der Wälder". Herausgeber Vyskot u. Mitarbeiter, Statni zemedelski nkladatelstvi, CSSR, 1968. — Assmann, E., Franz, F.: Vorläufige Fichtenertragstafel für Bayern. Autorenreferat. Fw. Cbl. 84, S. 13-43, 1965. — Baumgartner, A.: Untersuchungen über den Wärme- und Wasserhaushalt eines jungen Waldes. Ber. Dt. Wetterdienst Bd. 5, Nr. 28, 1956. — Baumgartner, A.: Meteorological approach to the exchange of $CO_2$ between atmosphere and vegetation, particularly forest stands. Manuskriptdruck, unveröffentlicht, 1968a. — Ders.: Ecological Significance of the vertical Energy Distribution in the Plant Stands. In Natural Res.-Res. V, S. 367-373, Unesco, Paris, 1968b. — Burger, „Holz, Blattmenge, Zuwachs." Nadelmenge bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. Mitt. Schweiz AFV, 20, S. 101-114, 1937. — Ders.: Kronenaufbau gleichaltriger Nadelholzbestände. Mitt. Schweiz AFV, 21, S. 5-56, 1939a. — Ders.: Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebreifen Fichtenbeständen. Mitt. Schweiz AFV, 21, S. 147-176. — Ders.: „Holz, Blattmenge, Zuwachs." Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. Mitt. Schweiz AFV, 22, 1941. — Ders.: Fichten im Plenterwald. Mitt. Schweiz AFV, 28, S. 109-155, 1952. — Ders.: Fichten im gleichaltrigen Hochwald. Mitt. Schweiz AFV, 29, S. 41-129, 1953. — Droste zu Hülshoff, B. v.: Vorläufige Untersuchungsergebnisse über die Erfassung oberirdischer Baumorgane an einer 76-jährigen vorh. Fichte im Ebersberger Forst bei München. FwCbl. H. 6, S. 321-384, 1968. — Ders.: Struktur und Biomasse eines Fichtenbestandes auf Grund einer Dimensionsanalyse an oberirdischen Baumorganen. 209 S., Diss. Univ. München, 1969. — Ders.: Struktur, Biomasse und Zuwachs eines älteren Fichtenbestandes. FwCbl. H. 3, S. 162-171, 1970. — Hartig, R.: Wachstumsuntersuchungen an Fichten. Forstl. naturwiss. Zeitschr. H. 1, H. 2, 1896. — Ders.: Holzuntersuchungen, Altes und Neues, Berlin, Springer Verlag, 99 S., 1901. — Kern, K. G.: Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald. Schriftenreihe d. Forstl. Abt. d. Univ. Freiburg Bd. 5, 232 S., München, Bonn, Wien, BLV Verlagsgesellschaft, 1966. — Koch, W., Klein, E., Walz, H.: Neuartige Gaswechsel-Meßanlage für Pflanzen im Laboratorium und Freiland. Siemens Zeitschrift, 42. Jahrg., H. 5, S. 392-404, 1968. — Mar:Möller, C.: Unters. über Laubmenge, Stoffverlust u. Stoffproduktion d. Waldes. DfF Danm. 17, 1-287, 1945. — Ovington, J. D., Forest, W. G., Armstrong, J. E.: Tree biomass estimation. Symposiumsband "On primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems". Ecological society of America: S. 4-31, 1967. — Satoo, T.: Primary production relations in woodlands of Pinus densiflora. Symposiums "On primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems", Ecological society of Amerika, S. 52-61, 1967. — Schmidt, H.: Die Verzweigungstypen der Fichte und ihre Bedeutung für die forstl. Pflanzenzüchtung. Diss. Univ. München, 156 S., 1949. — Ders.: Kronen- und Zuwachsuntersuchungen an Fichten des bayr. Alpenvorlandes. FwCbl., S. 276-286, 1953. — Schöpfer, W.: Beiträge zur Erfassung des Assimilationsapparates der Fichte. Diss. Univ. Freiburg, 1961.

# Buchbesprechungen

**Natur in Not.** — Gefahren der Zivilisationslandschaft. Von Emil Egli. Hallwag Verlag Bern und Stuttgart. 152 S. Paperback DM 12,80.

Seit dem Beginn der Industrialisierung nimmt die Gefährdung der Umwelt immer bedrohlichere Formen an. War es zunächst nur die engere Umgebung der Fabriken, in denen Schäden durch Immissionen aller Art, durch Verseuchung des Wassers und Verpestung der Luft entstanden, so nehmen heute diese Schäden in großen Gebieten, ganzen Flußsystemen und der offenen Landschaft beängstigende Formen an. Spätestens seit dem Appell des Präsidenten Nixon von den USA ist auch die breite Öffentlichkeit auf diese Gefahren aufmerksam geworden.

Es ist daher sehr zu begrüßen, daß der Verfasser es unternommen hat, in einem kleinen, fesselnd geschriebenen Buch einen Überblick über die Gefahren zu geben, durch die der Mensch selbst in unverantwortlichem Leichtsinn seine Umwelt ruiniert und sein eigenes Leben und das der kommenden Generationen auf das Spiel setzt. In einer Fülle von Beispielen aus dem europäischen Raum — insbesondere aus der Schweiz und aus Deutschland — werden die Schäden aufgezeigt und die Kettenreaktionen deutlich gemacht, die aus kleinen Anfängen beginnend, sich lawinenartig fortsetzen. Immer wieder klingt der Appell an den gesunden Menschenverstand durch, daß man nicht um der Interessen weniger oder kurzfristigen Gewinnes halber die Zerstörung unserer ganzen Umwelt tolerieren dürfe. Es ist an der Zeit, daß sich dieses Bewußtsein in weiten Kreisen der Bevölkerung durchsetzt. Dem Buch ist daher eine weite Verbreitung zu wünschen.

G. Mitscherlich

**Waldlehrpfad Taubental.** Von D. Rode, A. Mayer, G. Krieglsteiner, J. Schüle und W. Dürr. Museum Schwäbisch Gmünd, Julius-Erhard-Stiftung. DM 3,—.

Im Taubental im Forstamt Schwäbisch Gmünd wurde ein Waldlehrpfad errichtet, wie es schon viele in deutschen Wäldern gibt. Für die Besucher dieses Lehrpfades haben die Autoren gemeinsam eine Einführung verfaßt, die für die verschiedenen Besichtigungspunkte nähere Auskunft über Geologie und Boden, Bäume, Sträucher und Bodenpflanzen und über die verschiedenen dort vorkommenden Tiere gibt. Zeichnungen und Fotographien dienen zur Erläuterung.

Das Büchlein kann als Beispiel für ähnliche Vorhaben empfohlen werden. G. Mitscherlich

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

# Forstliteratur für Wissenschaft und Praxis

## WALDBAU

**Die Roteiche**
Von Forstmeister Dr. F. Bauer
VII und 106 Seiten mit 42 Abbildungen und 12 Tabellen. Kart. DM 10,20

**Die Inventur Gahrenberg 1960**
Von Professor Dr. A. Bonnemann, E. Gärtner und H. J. Weimann
77 Seiten mit 6 Abbildungen und 44 Tabellen. Kart. DM 15,20

**Waldbauliche Terminologie**
Von Professor Dr. A. Bonnemann
44 Seiten. Kartoniert DM 10,80

**Die natürliche Verjüngung der Buche**
Von Dozent Dr. P. Burschel, Dozent Dr. J. Huss, Dozent Dr. R. Kalbhenn
188 Seiten mit 37 Abbildungen und 63 Tabellen. Kart. DM 22,50

**Aus der Hohen Schule des Weißtannenwaldes**
Von Landforstmeister Dr. K. Dannecker
XII und 206 Seiten mit 29 Abbildungen und 65 Tabellen. Leinen DM 22,—

**Jungwuchspflege und Läuterung mit synthetischen Wuchsstoffen**
Von Landforstmeister Dr. H.-J. Fröhlich
56 Seiten mit 11 Abbildungen, 9 graphischen Darstellungen, 5 Tabellen und einer 6seit. tabellarischen Übersicht. Kart. DM 5,80

**30 Jahre Blendersaumschlag in Württemberg**
Von Forstmeister Dr. H. Haufe
V und 60 Seiten mit 20 Abbildungen. Brosch. DM 4,10

**Waldfeldbau in einem Mittelgebirgsrevier**
Von Professor Dr. J. Krahl-Urban
VII und 60 Seiten mit 16 Abbildungen und 3 Tabellen. Kart. DM 5,90

**Die Aufbewahrung und Pflege von Eicheln und Bucheln**
Von Landforstmeister Dr. H. Messer
3. Auflage. 44 Seiten mit 17 Abbildungen und 3 Tabellen. Brosch. DM 2,80

**Fortschritte des forstlichen Saatgutwesens**
Herausgegeben von Landforstmeister Dr. H. Messer
Band 1. 117 Seiten mit 35 Abbildungen und 46 Tabellen. Kart. DM 11,—
Band 2. 166 Seiten mit 73 Abbildungen und 18 Tabellen. Leinen DM 28,—

**Wald, Wachstum und Umwelt**
Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums
Band 1: Form und Wachstum von Baum und Bestand
Von Professor Dr. G. Mitscherlich
155 Seiten mit 5 Fototafeln, 56 Abbildungen und 26 Tabellen.
Gebunden DM 29,80

**Beiträge zum Problem der Kiefernnaturverjüngung**
Von Professor Dr. A. Olberg
96 Seiten mit 7 Abbildungen und 13 Tabellen. Kart. DM 11,80

**Waldbauliche Untersuchungen über die Weißtanne im nördlichen und mittleren Westdeutschland**
Von Professor Dr. A. Olberg und Professor Dr. E. Röhrig
102 Seiten mit 22 Abbildungen und mehreren Tabellen. Kart. DM 9,40

**Die Anzucht von Forstpflanzen in Nadelstreubeeten**
Von Professor Dr. E. Röhrig
49 Seiten mit 2 Abbildungen und 36 Tabellen. Kart. DM 6,40

**Mein Pappel-Testament**
Von Forstmeister B. Schmitz-Lenders
200 Seiten mit 93 Abbildungen und zahlreichen Tabellen. Leinen DM 21,—

## BODENKUNDE, STANDORTSLEHRE

**Die Bedeutung der Fadenpilze als Symbionten der Pflanzen für die Waldkultur**
Von Professor Dr. R. Falck und M. Falck
IV und 91 Seiten mit 20 Abbildungen. Kart. DM 8,80

**Standörtliche Grundlagen für den Anbau der grünen Douglasie.**
Von Dr. G. Jahn
112 Seiten mit 8 Abbildungen und 10 Tabellen. Kart. DM 9,40

**Der Reinertrag nachhaltiger Eichenbetriebsklassen**
I. Der Eichenfurnierholzbetrieb
Von Forstmeister Dr. R. Mascher
79 Seiten mit 14 Tabellen. Kart. DM 7,50

**Das Fruchten der Waldbäume als Grundlage der Forstsamengewinnung**
I. Koniferen
Von Landforstmeister Dr. H. Messer
108 Seiten mit 24 Abbildungen und 37 Tabellen. Kart. DM 11,—

**Ergebnisse langfristiger Düngungsversuche im Gebiet des nordwestdeutschen Diluviums und ihre Folgerungen für die Praxis**
Von Oberforstmeister Dr. G. Seibt und Professor Dr. W. Wittich
156 Seiten mit 16 Abbildungen und 45 Tabellen. Kart. DM 21,80

**Plusbäume und Samenplantagen**
Grundzüge der Planung einer Auslesezüchtung bei den Hauptholzarten
Von Professor Dr. K. Stern
116 Seiten mit 14 Abbildungen und 13 Tabellen. Kart. DM 10,20

**Verfahren der Bodenentseuchung und ihre Bedeutung für die Anzucht von Forstpflanzen**
Von Doz. Dr. Chr. Volger
83 Seiten mit 8 Abbildungen und 16 Tabellen. Kart. DM 12,20

**Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde**
Von Professor Dr. W. Wittich
2. Auflage. IV und 106 Seiten mit 4 Abbildungen und 23 Tabellen. Kart. DM 8,80

**Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit**
Von Professor Dr. W. Wittich
79 Seiten mit 9 Abbildungen und 4 Tabellen. Kart. DM 7,50

**Bedeutung einer leistungsfähigen Regenwurmfauna unter Nadelwald für Streuzersetzung, Humusbildung und allgemeine Bodendynamik. —**
**Grundlagen der forstlichen Standortskartierung und Grundzüge ihrer Durchführung**
Von Professor Dr. W. Wittich
96 Seiten mit 2 Abbildungen und 10 Tabellen. Kart. DM 14,20

## ERTRAGSKUNDE

**Der Einfluß von Großklima und Standort auf die Entwicklung von Waldbeständen**
Von Professor Dr. H. Kramer
140 Seiten mit 64 Abbildungen und 10 Tabellen. Kart. DM 18,20

Alle Preise = empf. Richtpreise

**J. D. Sauerländer's Verlag · Frankfurt am Main**

# Inhaltsverzeichnis

der ALLGEMEINEN FORST- UND JAGDZEITUNG, 141. Jahrgang, 1970

## Aufsätze

### Forstschutz



### Standortskunde und Düngung



### Forstbenutzung und forstl. Arbeitswissenschaft



### Forsteinrichtung und Betriebswirtschaft

Der Einfluß ertragskundlich-standortskundlicher Forschungsergebnisse auf Bonitierung und Ertragsregelung bei der Forsteinrichtung in Baden-Württemberg.
Von Oberforstrat Dr. H. U. Moosmayer . . . . . 73



## Literarische Berichte

### Forstwissenschaft im allgemeinen, Forstgeschichte, Biographien



### Waldbau, Ertragskunde und Ökologie

## Nachrichten und Notizen

# Namensverzeichnis

(Die fettgedruckten Zahlen bezeichnen die Originalaufsätze des Verfassers)



# Sachregister

# Allgemeine Forst- und Jagdzeitung

Unter Mitwirkung der

Mitglieder der Lehrkörper der Forstlichen Fakultäten von Freiburg i. Br. und Göttingen

herausgegeben von

Dr. G. Mitscherlich

o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität

Freiburg im Breisgau

Dr. R. Schober

o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität

Göttingen

142. Jahrgang

1971



J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main I

Satz und Druck: Graphische Kunstanstalt W. Herr, Gießen
Printed in Germany

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG






INHALTSVERZEICHNIS



142. JAHRGANG 1971 HEFT 1 JANUAR

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE
FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 1 des 142. Jahrganges sind:**

L. B. Angeles, Manila

Landforstmeister a. D. K. Hausser, 745 Hechingen, Silberburgstraße 36

Oberforstmeister Dr. G. Seibt, Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt, Abt. A — Ertragskunde, 34 Göttingen, Grätzelstraße 2

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Oberforstrat Dr. Ulrich Ammer, 7401 Rübgarten, Im Geistle

Prof. Dr. H. J. Braun, 78 Freiburg i. B., Bertoldstraße 17

Dr. Hartmut Gossow

Oberforstmeister Dr. H. Gothe, 351 Hann. Münden, Werraweg 1

Dipl.-Forstwirt Jochen Heuveldop, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

Forstmeister Dr. R. Kennel, Institut für Ertragskunde der Bayerischen forstl. Forschungsanstalt München, 8 München 13, Amalienstraße 52



**Übersetzungen**

der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Düngungsversuche zu 45- bis 90jährigen Fichten- und Fichten-Tannenbeständen auf oberem und mittlerem Buntsandstein des Württembergischen Schwarzwalds

Aus der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abt. Ertragskunde

(Mit 14 Abbildungen und 24 Tabellen)

Von K. Hausser, Hechingen
mit Beiträgen von W. Bilger, F. Evers und H. Werner

## Inhalts-Übersicht



## 1.0 Einleitung

Aus einer Reihe kleiner in der Zeit von 1906 - 1930 angelegter Kultur-Düngungs-Versuche zu Fichte war bekannt, daß auf dem Buntsandstein des Württ. N-Schwarzwaldes das Wachstum durch Zufuhr von Kalk und Phosphat erheblich und nachhaltig gesteigert werden kann (Hausser und Schairer 1954). Um auch Aufschlüsse über die Aussichten einer Düngung von Fi-Beständen und über die Wirkung von Stickstoff zu bekommen, wurden im Auftrag der Forstdirektion Südwürttemberg-Hohenzollern in den Jahren 1952 - 1956 auf typischen Standorten des oberen Buntsandsteins 4 Nährstoffmangelversuche (Nr. 58, 71, 59, 60) in 45- bis 70jährigen Fichtenbeständen mit den Varianten - 0 -, Ca, PCa, N, NCa, NPCa angelegt.

Die erste Auswertung nach 5jähriger Laufzeit (Hausser 1961) zeigte, daß die Variante NPCa die größte Zuwachssteigerung gebracht und auch betriebswirtschaftlich am besten abgeschlossen hatte. Daher wurden zur Ergänzung 6 weitere Bestandes-Düngungsversuche zu Fichte und Fichte-Tanne auf besseren Standorten des oberen Buntsandsteins im Forstbezirk Altensteig (Nr. 95, 96, 97) und auf mittlerem Buntsandstein in den Forstbezirken Dornstetten (Nr. 91, 92) und Wildbad (Nr. 72) mit den Varianten 0 und NPCa angelegt. Dabei sollten außerdem die wichtigsten Stickstoff-Handelsdüngemittel und in einem weiteren Versuch im Fbz. Klosterreichenbach (Nr. 80) erstmals Müllkompost erprobt werden. Über die bis 1967 vorliegenden Ergebnisse aller dieser Versuche wird nachstehend berichtet.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Mitscherlich, der die Anregung zu dieser Arbeit gab und die Wege für ihre Durchführung ebnete.

Der Abt. Ertragskunde der Baden-Württ. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt danke ich dafür, daß sie mir die Auswertung der Versuche ermöglichte. Allen meinen früheren Mitarbeitern, die bei Anlage, Aufnahme und Auswertung der Versuche mitwirkten und nicht zuletzt Frau Buhrmann, welche die graphischen Darstellungen zeichnete und die vielen Schreibarbeiten und Korrekturen durchführte, bin ich zu großem Dank verpflichtet.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich bestens dafür, daß sie durch mehrere Zuwendungen die Arbeit ermöglichte. Die zügige Anlage und Aufmessung der zahlreichen Versuche war nur möglich dadurch, daß die Forstdirektion Süd-Württemberg-Hohenzollern die Arbeiten tatkräftig förderte, insbesondere Personal und Mittel zur Verfügung stellte und daß die Leiter der Forstämter Altensteig: Oberforstmeister Ahlfeld bzw. Oberforstrat Ott, Dornstetten: Oberforstmeister Huss bzw. Oberforstrat Braun, Freudenstadt: Oberforstrat Dinkelaker und Pfalzgrafenweiler: Oberforstrat Bolsinger sowie die zuständigen Betriebsbeamten, insbesondere Forstamtmann Frommknecht und Forstamtmann Günter uns verständnisvoll in jeder Weise unterstützten.

Die Herren Dr. F. Evers und Dr. H. Werner von der Abt. für Standortskunde und Düngung unserer Versuchsanstalt stellten freundlicherweise die Ergebnisse ihrer bodenkundlichen bzw. standortskundlichen Untersuchungen zur Verfügung und Herr W. Bilger bereicherte die Arbeit mit seinen Befunden über die Wirkung der Düngung auf den Regenwurmbesatz. Allen Genannten gilt mein herzlicher Dank. —

Dr. Evers wird in einer besonderen Arbeit über die Ergebnisse seiner boden- und nadelanalytischen Untersuchungen auf den genannten Versuchen berichten.

## 2.0 Versuchsanordnung

Bei den 1952 angelegten Nährstoffmangelversuchen mit den Varianten O, Ca, PCa, N, NCa und NPCa konnten nicht in jedem Versuch alle Varianten wiederholt werden, wie es die mathematische Statistik verlangt (lt. „Empfehlungen" 1969). Auch die räumliche Anordnung der Parzellen und die Verteilung der Varianten auf die Parzellen entspricht nicht diesen „Empfehlungen". Vielmehr wurden (vgl. Hausser 1961) die Parzellen so angeordnet, daß jede gedüngte Parzelle mindestens auf einer Seite an eine 0-Parzelle angrenzt, wobei die 0-Parzelle den gedüngten Parzellen bonitätsmäßig eher über- als unterlegen sein sollte und die nach Bonität geringsten Parzellen die vermutlich wirksamste Düngung, also NCa oder NPCa erhielten. Hierdurch sollte vermieden werden, daß infolge von Standortsunterschieden zu günstige Ergebnisse erzielt werden.

Dieses Verfahren hat sich besonders beim Nachweis der Mehrleistung an Wertzuwachs bewährt (Hausser u. Wittich 1969). Ebenfalls entgegen den „Empfehlungen" wurden i. d. R. nur die Meßflächen, aber *nicht* die angrenzenden Teile der Umfassungsstreifen gedüngt und zwar aus rein praktischen Gründen: Die Abgrenzung der gedüngten Umfassungsstreifen-Flächen hätte zusätzlich Arbeit gekostet und die Versuche unübersichtlich gemacht. Ohne diese Unterlassung müßten die Zuwachsreaktionen auf die Düngung noch stärker sein.

### 3.0 Methoden der Aufnahme und Auswertung

Bis 1950 hatten wir noch keinerlei Erfahrungen in der Aufmessung und Auswertung von Bestandesdüngungs-Versuchen.

Bei der Aufstellung des Versuchsprogramms waren folgende Überlegungen leitend:

1. Wenn die durch Düngung bewirkte Zuwachssteigerung praktisch belangvolle Ausmaße erreicht, so muß sie auch mit den bisher angewandten ertragskundlichen Meß- und Berechnungsmethoden erfaßbar sein. Die Beibehaltung dieser Methoden hatte den Vorteil, daß man die Ergebnisse mit denen der Ertragsflächen im Untersuchungsgebiet vergleichen konnte. Das war besonders wichtig in Fällen, in denen bisherige Ertrags-Versuchsflächen in Düngungsversuche umgewandelt wurden oder in denen die 0-Parzellen für die ertragskundliche Auswertung der Standortskarten verwendbar sein sollten. Aus diesen Gründen wurde auch der Vorratsfestmeter Derbholz mit Rinde als Maßeinheit beibehalten.
2. Um bald Aufschlüsse über die Düngungswürdigkeit der Hauptbaumarten auf den wirtschaftlich belangvollsten, großflächig vertretenen Standortseinheiten zu erhalten, erschien es richtiger, eine größere Zahl von Versuchen anzulegen und mit herkömmlichen, vielleicht weniger genauen Methoden zu arbeiten, als auf Grund von wenigen, feinst ausgewerteten Versuchen nur eine kleine Zahl räumlich beschränkter Aussagen zu bekommen.
3. Die Aufnahme und Auswertung der zahlreichen Versuche mit dem oft wechselnden Personal war nur dadurch möglich, daß man konsequent mit einheitlichen und einfachen Methoden arbeitete.
   Daher behielt man die bisher bei den Ertragsversuchsflächen angewandte Art der Aufmessung und Auswertung im Wesentlichen bei, d. h. nach stammweiser Numerierung wurden 2 Durchmesser mit der mm-Kluppe gemessen, gemittelt, auf 1-cm-Stufen gerundet und daraus die Bestandesgrundfläche berechnet. Einige später angelegte Versuche wurden mit dem Umfangmeßband mit $\pi$-Teilung aufgemessen.

Aus den Höhen von 20 - 40 stehenden und denen aller liegenden Stämme zeichnete man die Durchmesser-Höhenkurve.

Die sektionsweise Aufnahme und Kubierung des gesamten Hiebsanfalls und von Probestämmen sowie die Berechnung des Holzvorrats mittels der Derbholzmassenkurve wurde ab 1954 zu Gunsten der Berechnung mit der Fichten-Massentafel von Zimmerle in der von Eh und Dinkelaker (1964) veröffentlichten Zusammenfassung aufgegeben. Auch das Volumen der Durchforstungsanfälle wurde nach dieser Massentafel berechnet.

Das früher übliche Verfahren, den Volumenzuwachs aus den Differenzen der Derbholzvorräte zu bestimmen, erwies sich für die kurzen 4- bis 5jährigen Beobachtungszeiträume der Düngungsversuche als zu grob und führte oft zu widersinnigen Diskrepanzen zwischen Grundflächen- und Volumenzuwachs. Daher wurde der Volumenzuwachs nach der von Dinkelaker (1965) beschriebenen und erprobten Methode über den Grundflächenzuwachs berechnet, da sich damit eine weitgehende Gleichläufigkeit mit der am sichersten erfaßten Zuwachsgröße, dem Grundflächenzuwachs ergab und die Kontrollen durch Vorratsberechnungen mit Massentafel und Höhenkurven bis zu den neuesten Aufnahmen die guten Ergebnisse von Dinkelaker bestätigten (vgl. Hausser 1961 und 1969).

Auch bezüglich der *Genauigkeit der Volumen-Zuwachsbestimmung* wird auf die Untersuchungen von Dinkelaker (1965) verwiesen. Er fand auf Grund der u. a. bei dem D. V. 58 durchgeführten wiederholten Messungen für dieses Verfahren bei einer durchschnittlichen Grundflächenhaltung von 38 m², einem durchschnittlichen Grundflächenzuwachs von 1,1 m² und einer mittleren Periodenlänge von 5,7 Jahren für die einzelne Grundflächen-Zuwachsbestimmung einen mittleren Fehler von ± 2,6 %, und für die nach oben genannten Verfahren berechneten Volumenzuwüchse einen solchen von ± 8 %. Daraus ergeben sich für die Differenzen zwischen zwei gleich genau bestimmten ig-Werten von 0,8 m², einer gm von 30 m² und einer Beobachtungszeit von 5 - 13 Jahren mittlere Fehler von 4,5 - 1,7 %. Für die Differenzen der entsprechenden iv-Werte betragen die mittleren Fehler 11 - 12 %.

Als *Bezugs-Ertragstafel* wurde die Tafel von Assmann und Franz 1963 gewählt, weil ihre Altershöhenentwicklung meist gut mit derjenigen unserer Flächen übereinstimmt, ferner weil sie durch Benutzung verschiedener Ertragsniveaus sehr anpassungsfähig ist und vor allem weil sie als einzige Zuwachsreduktionstabellen enthält, mit deren Hilfe man die Auswirkung ungleicher Ausgangsvorräte auf den Zuwachs der Vergleichsparzellen berichtigen kann. Eine derartige Berichtigung ist bei vielen Düngungsversuchen unerläßlich. Die Ergebnisse dieser Zuwachsreduktion befriedigen besser als das bisher angewandte Verfahren (Hausser 1961), das auf der Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen mittlerer Grundflächenhaltung und Volumenzuwachs beruhte.

Dabei muß man sich darüber klar sein, daß eine solche zwangsläufig schematische Anwendung von durchschnittlichen Reduktionswerten nicht den wirklichen Verhältnissen auf allen Standorten und den jeweiligen Jahreswitterungen gerecht werden kann.

Die Höhenbonität wurde über die Oberhöhe ($h_{100}$) nach Assmann bestimmt, soweit sie berechnet war, sonst über die Höhe des Grundflächenmittelstamms (hg) ermittelt, zumal von Anfang an bei allen Versuchen und Ertragsflächen mit dieser Höhe (hg) gearbeitet worden war und da ein Vergleich der bei Versuchs-

Tabelle 1
**Berichtigung des iv wegen Unterschieden der Vergleichsparzellen in Bonität und Anfangsgrundfläche**

| Parz. Nr. | Düngung | Anfangsalter | hg | Nach ET iv 74 - 83 | | Bon. Bericht.-faktor | Ho Bon. | Anfangs-Grundfläche | | Best. Grad B. G. | iv % | = % von 0-Parz. | B. G. Bericht.-faktor | Bon. + B. G. Bericht.-faktor | iv | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Vfm | = % von 0-Parz. | | | E. T. G. opt. m² | wirkl. m² | | | | | | urspr. Vfm | bericht. Vfm |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| | | | | | | | | | *iv 74 - 79* | | | | | | | |
| 2 | - 0 - | 74 | 20,7 | 10,0 | 100 | 100 | 28 | 40,5 | 42,0 | 1,04 | 100 | 100 | 100 | 100 | 10,0 | 10,0 |
| 1 | NPCa | 74 | 19,9 | 9,6 | 96 | 104 | 27 | 39,4 | 38,2 | 97 | 99 | 99 | 101 | 105 | 16,6 | 17,4 |
| 3 | NCa | 74 | 19,1 | 9,2 | 92 | 109 | 26 | 38,4 | 39,2 | 1,02 | 100 | 100 | 100 | 109 | 14,8 | 16,1 |
| | | | | | | | | | *iv 79 - 83* | | | | | | | |
| 2 | - 0 - | 79 | 23,6 | — | — | 100 | — | 44,0 | 37,9 | 86 | 94 | 100 | 100 | 100 | 12,5 | 12,5 |
| 1 | NPCa | 79 | 23,2 | — | — | 104 | — | 43,5 | 37,7 | 87 | 95 | 101 | 99 | 103 | 19,2 | 19,8 |
| 3 | NCa | 79 | 22,6 | — | — | 109 | — | 42,9 | 35,2 | 82 | 91 | 97 | 103 | 112 | 18,2 | 20,4 |

beginn über $h_g$ und über $h_{100}$ ermittelten H0-Bonitäten bei den parzellenreichsten Versuchen Nr. 58, 59, 60 und 71 nur geringfügige Differenzen ergeben hatte.

Im Folgenden wird an einem Beispiel erläutert, wie versucht wurde, den Einfluß von Unterschieden in Bonität und Anfangsgrundfläche der Vergleichsparzellen auf den Volumenzuwachs auszuschalten.

1. *Einfluß der Bonität* (vgl. Tab. 1 Sp. 1 - 7 und Abb. 1)

Wie von HAUSSER 1969 dargelegt, entspricht das Ertragsniveau der hier behandelten Versuchsbestände weitgehend dem unteren Ertragsniveau der E. T. ASSMANN-FRANZ. Aus dieser E. T. wurden für die fraglichen Bonitäten

a) die Mittelhöhen bei Versuchsbeginn, in unserem Beispiel Alter 74,
b) die durchschnittlichen Jahreszuwüchse der gesamten Beobachtungszeit (hier Alter 74 - 83) erhoben.

Diese Zuwachsbeträge, aufgetragen über den Anfangshöhen der entsprechenden Bonitäten ergeben annähernd eine Gerade, an welcher man für jede Parzelle auf Grund ihrer Anfangshöhe den iv nach der E. T. ablesen kann.

Diese E.T.-iv-Werte der gedüngten Parzellen wurden in % desjenigen der 0-Parzelle ausgedrückt (Tab. 1 Sp. 6) und ergaben den Berichtigungsfaktor (Sp. 7) mit dem die bonitätsbedingte Unter- oder Überlegenheit des iv der gedüngten Parzellen gegenüber den 0-Parzellen für den *ganzen* Beobachtungszeitraum behoben wurde.

2. *Einfluß der Anfangsgrundfläche*

Eine graphische Übersicht, in welcher für die H0-Bonitäten $U_{20-36}$, die G-opt-Werte über dem Alter, sowie die zugehörigen hg-Werte aufgezeichnet sind, ermöglichte, für alle hg-Werte zu Beginn der Zuwachsperioden die G-opt-Werte und durch Vergleich mit der Anfangsgrundfläche des Bestands den Grundflächenbestockungsgrad (BG) zu bestimmen (Tab. 1, Sp. 4, 9 - 11).

Aus den obengenannten Zuwachsreduktionstafeln wurden für die in Betracht kommenden Bonitäts- und Altersbereiche die für gleiche Bestockungsgrade wenig differierenden Zuwachsreduktionswerte über den Bestockungsgraden aufgetragen (Abb. 1). An der Ausgleichskurve ließen sich für jeden BG die Reduktionswerte (= iv %) ablesen (Tab. 1, Sp. 12).

Setzt man den Reduktionswert der 0-Parzelle = 100, so erhält man die Berichtigungsfaktoren für die gedüngten Parzellen (Tab 1, Sp. 14). Aus den nach Ziffer 1 und 2 gefundenen Berichtigungsfaktoren (Sp. 7 x Sp. 14) ergaben sich schließlich die Gesamtberichtigungen für jede Zuwachsperiode und Parzelle (Tab. 1, Sp. 15), mit denen die ursprünglichen iv-Werte berichtigt wurden (Sp. 16 und 17).

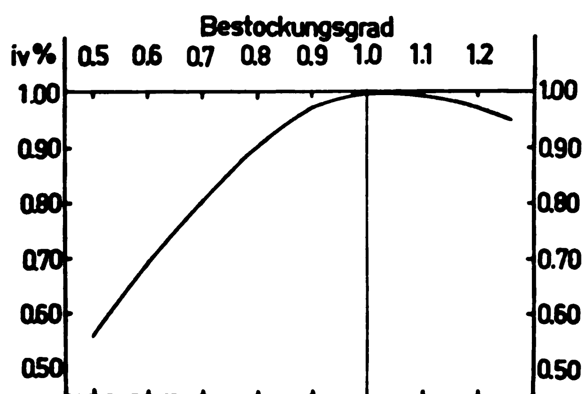



Abb. 1
Zuwachsreduktion nach ASSMANN und FRANZ
Mittelwerte für H0-Bonitäten 20 - 36 und Alter 45 - 95

***Abkürzungen und Symbole***

Für die *ertragskundlichen Begriffe* werden die nachstehenden Symbole verwendet:

| | | |
|---|---|---|
| dg | = | Durchmesser des Grundflächenmittelstamms |
| g | = | Bestandesgrundfläche |
| ga | = | Grundfläche zu Beginn der Periode |
| gm | = | Mittlere Grundflächenhaltung |
| hg | = | Höhe des Grundflächenmittelstamms |
| ig | = | jährlicher Grundflächenzuwachs |
| iv | = | jährlicher Zuwachs an Derbholz mit Rinde |
| n | = | Stammzahl |
| pg | = | Grundflächenzuwachsprozent = $\frac{ig \cdot 100}{gm}$ |
| Vfm | = | Vorratsfestmeter Derbholz mit Rinde |
| $V_7$ | = | Derbholzvorrat mit Rinde |
| $U_{28}$ | = | Oberhöhenbonität 28, unteres Ertragsniveau nach Assmann-Franz. |

Die *Düngemittel* sind mit den in den „Empfehlungen 1969" verzeichneten Abkürzungen bezeichnet:

| | | |
|---|---|---|
| CaKK | = | kohlensaurer Kalk |
| CaHK | = | Hüttenkalk |
| KMg | = | Patentkali |
| NKAS | = | Kalkammonsalpeter |
| NKS | = | Kalksalpeter |
| NKSt | = | Kalkstickstoff |
| NHar | = | Harnstoff |
| $NNH_3$ | = | Ammoniakgas |
| PT | = | Thomasphosphat |
| PH | = | Hyperphos |

Die verwendeten Mengen in dz = 100 kg je ha sind fallweise als Index beigesetzt,

z. B.: $CaKK_{20}$ = 20 dz/ha kohlens. Kalk
oder: $NKAS_{3x4}$ = 3 mal je 4 dz Kalkammonsalpeter.

**4.0 Verteilung der Versuche auf Wuchsbezirke und geologische Formationen**

Nachstehende Zusammenstellung gibt einen Überblick über die Verteilung der Versuche auf die Forstbezirke, Einzelwuchsbezirke (nach SCHLENKER 1963), geologische Formationen sowie über Meereshöhen und Jahresniederschläge.

| D. V. Nr. | Forstbezirk: | Einzelwuchsbezirk: | Geolog. Formation: | Meereshöhe: m | Jahresniederschläge mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 58 | Dornstetten | Flächenschwarzwald | Ob. Buntsandstein (so) | 600 | 950 |
| 71 | Dornstetten | Flächenschwarzwald | Ob. Buntsandstein (so) | 600 | 950 |
| 60 | Pfalzgrafenweiler | Flächenschwarzwald | Ob. Buntsandstein (so) | 650 | 920 |
| 95 | Altensteig | Flächenschwarzwald | Ob. Buntsandstein (so) | 620 | 850 |
| 96 | Altensteig | Flächenschwarzwald | Ob. Buntsandstein (so) | 600 | 850 |
| 97 | Altensteig | Flächenschwarzwald | Ob. Buntsandstein (so) | 600 | 850 |
| 91 | Dornstetten | Flächenschwarzwald | Mittl. Buntsandstein (sm) | 620 | 950 |
| 92 | Dornstetten | Flächenschwarzwald | Mittl. Buntsandstein (sm) | 620 | 950 |
| 59 | Freudenstadt | Hornisgrinde-Murg | Ob. Buntsandstein (so) | 740 | 1520 |
| 80 | Klosterreichenbach | Hornisgrinde-Murg | Mittl. Buntsandstein (sm) | 650 | 1420 |
| 72 | Wildbad | Enzhöhen | Mittl. Buntsandstein (sm) | 910 | 1320 |

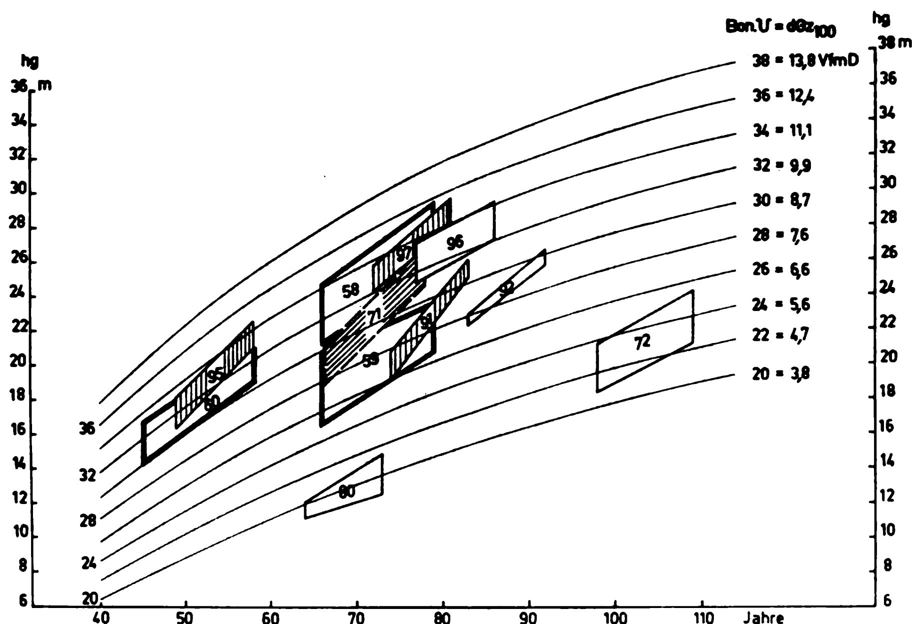



Abb. 2
Verteilung der Versuche auf Oberhöhen-Bonitäten und Altersstufen im Netz der Fi-Ertragstafel ASSMANN/FRANZ

Die Mehrzahl der Versuche liegt im größten Wuchsbezirk des Buntsandsteins, im „Flächenschwarzwald" auf oberem Buntsandstein. Die anderen Wuchsbezirke „Enzhöhen" und „Hornisgrinde-Murg" mit mittlerem Buntsandstein sind leider nur schwach vertreten. Das rührt u. a. daher, daß es dort viel schwieriger ist, nach Standort und Bestand einigermaßen vergleichbare, genügend große Flächen zu finden.

### 5.0 Verteilung der Versuche auf Altersstufen und Bonitäten

In Abb. 2 ist im hg-Alters-Netz der E. T. ASSMANN-FRANZ von jedem Versuch der Rahmen aufgezeichnet, in dem sich die Mittelhöhen während der Beobachtungszeit bewegten. Die Schraffur soll nur die Unterscheidung erleichtern, sie hat sonst keine Bedeutung. Die Darstellung zeigt, daß die Versuche im Einzelwuchsbezirk Flächenschwarzwald auf oberem Buntsandstein, d. h. die Nr. 60, 95, 58, 97, 96, 71 vorwiegend den H0-Bonitäten 30 - 36 angehören. Der D. V. 59 im Einzelwuchsbezirk Hornisgrinde-Murg liegt zwar gerade noch auf oberem Buntsandstein, ist aber durch Vorgeschichte und Klima benachteiligt und daher in der Bonität geringer. Die Versuche 91, 92 mit H0-Bonität 26 - 31 repräsentieren eine bessere, noch durch *so* vergütete Variante des mittleren Buntsandsteins, während D. V. 72 und 80 zu dessen ärmsten Standorten gehören.

### 6.0 Die einzelnen Versuche

6.1 Nährstoffmangelversuche auf oberem Buntsandstein

Standort, Bestand und Versuchsanordnung der nachstehenden Versuche Nr. 58, 71, 60 und 59 sind in der Arbeit von 1961 ausführlich beschrieben. Diese Punkte wurden daher hier nur kurz behandelt.

6.11 *Der Düngungsversuch Nr. 58 im staatl. Forstbezirk Dornstetten Distr. II / Abt. 11*

Über den neuesten Stand dieses nach Standort und Bestand einheitlichsten und für große Flächen typischen Versuchs haben 1969 HAUSSER und WITTICH ausführlich berichtet.

*Standort:* Einzelwuchsbezirk Flächenschwarzwald. Meereshöhe 600 m. Mittlere Jahresniederschläge 950 mm. Mittlere Jahrestemperatur 7,0°. Eben. *Oberer Buntsandstein.*

*Boden:* Unter 2 - 5 cm Rohhumus (1961 pH in KCl = 2,6) folgt tiefgründiger, skelettreicher lehmiger Sand, schwach podsoliert. Mangel an Ca, P, N.

*Bestand:* Reine Fichten aus Pflanzung nach Kahlschlag. 1952: 66-jährig.

*Versuchsanordnung:* Angelegt Ende 1952. 11 Parzellen mit je 25 ar.

Düngungsvarianten: Ca, PCa, N, NCa, NPCa je mit einer Wiederholung außer N. Verwendet wurden 20 dz kohlens. Kalk bzw. Hüttenkalk, 10 dz Thomasphosphat und 3 x 4 dz Kalkammonsalpeter.

*Die ertragskundlichen Ergebnisse* nach 13-jähriger Beobachtung von Alter 66 - 79 sind in Tab. 2 verzeichnet. H0-Bonität nach ASSMANN u. FRANZ: U 30-34 = $dGz_{9-11}$ (WIEDEMANN $dGz_{9-11}$).

Tabelle 2
**DV. 58: Ertragskundliche Ergebnisse**

| Düngung | Parz.-Anzahl | Durchschn. Mehrleistung an iv gegen 0 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | urspüngl. | | berichtigt | |
| | | Vfm | % | Vfm | % |
| Ca | 2 | + 1,6 | + 11 | + 1,2 | + 8 |
| PCa | 2 | + 3,2 | + 23 | + 2,2 | + 16 |
| N | 1 | + 4,8 | + 35 | + 4,6 | + 33 |
| NCa | 2 | + 3,8 | + 27 | + 3,9 | + 27 |
| NPCa | 2 | + 4,7 | + 33 | + 5,7 | + 40 |
| - 0 - | 2 | $iv_{66-79}$ = 14,2 Vfm | | | |

6.12 *Der Düngungsversuch Nr. 71 im Staatl. Forstbez. Dornstetten Distr. II/7*

*Versuchsziel:* Ergänzung von D. V. 58, Erprobung von in Abständen von 2 - 4 Jahren gegebener N-Zufuhr.

*Standort:* Der Versuch liegt ca. 500 m ostwärts von D. V. 58, eben bzw. leicht nach SW bis SO geneigt auf oberem Buntsandstein-Plattensandstein.

Nach den Untersuchungen von Dr. H. WERNER sind folgende Standortseinheiten vertreten:

1. Mischlehm (ML) vorwiegend auf Parz. 5 u. 6. Das Verwitterungsprodukt des Plattensandsteins ist teils gering mächtig (60 cm) von Feinlehm überlagert, teils mit diesem vermischt. Es handelt sich um gelbrotbraune steinige sandige Lehme.
2. Sandig-lehmige Verwitterungsböden (Ebsd) vorherrschend auf Parz. 1 - 4. Tiefgründiger, rotbrauner, steiniger, sandig-lehmiger Verwitterungsboden des Plattensandsteins.

Tabelle 3

**DV. Nr. 71. Art und Zeit der Düngung und zugeführte Reinnährstoffe**

| Parz.-Nr. | 1954 Juli | 1954 Okt. | 1956 Juni | 1959 Juni | 1960 April | 1964 Juni | Reinnährstoffe CaO | $P_2O_5$ | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | | CakK 27,5 | | | | | 1370 | | |
| 3 | | CakK 27,5 | | | NKSt 5,0 | NKSt 4,0 | 1890 | | 180 |
| 4 | | CakK 20,0<br>PT 10,0 | | | | | 1450 | 150 | |
| 1 | NKAS 5,0 | CakK 20,0<br>PT 10,0 | NKAS 5,0 | NKAS 5,0 | | | 1730 | 150 | 310 |

3. Kleinflächig kommt auf Parz. 1, 2, 4 u. 5 die Standortseinheit „Lett" vor. Der Boden besteht aus 20 - 60 cm mächtigem rotbraunem, steinig-lehmigem Feinsand über schluffig-steinigem Letten.

Der Wasserhaushalt ist bei Ziff. 1 u. 2 mäßig frisch bis grundfrisch, bei 3 frisch bis wechseltrocken.

Der Bodentyp wird bei Ziff. 1 als schwach podsolige Braunerde, bei Ziff. 2 u. 3 als schwach podsolige Parabraunerde bezeichnet.

Dr. H. Werner hält die Parz. 1 wegen des „Lett"-Anteils für etwas geringer als die 0-Parz. 2, die Parz. 2 u. 3 für gleich, Parz. 4 für geringer als die 0-Parz. 5, Parz 5 u. 6 für gleich.

Bezüglich Parz. 1 - 3 deckt sich diese Beurteilung mit der H0-Bonitierung.

*Bestand:* wie D.V. 58 — 1953: 66-jährige Fi aus Pflanzung. H0-Bonität U 29 - 32 = dGz 8 - 10.

*Versuchsanordnung:* Angelegt Frühjahr 1954 mit 6 je 20 ar großen Parzellen.

Art und Zeit der Düngung sowie die zugeführten Mengen an Reinnährstoffen zeigt die Tab. 3. Bei der Nachdüngung wurde auf Parz. 3 Kalkstickstoff (NKSt) verwendet, um auch dieses Düngemittel zu erproben.

*Ertragskundliche Ergebnisse*

Die ertragskundlichen Kennwerte sind aus Tab. 4, der Zuwachsverlauf aus Abb. 3 ersichtlich. Die Oberhöhenbonität der vorwiegend auf der Standortseinheit „Ebsand" gelegenen Parzellen 1 - 4 ist besser (U 31 - 32) als diejenige der Parzellen 5 u. 6 auf den Standortseinheiten „Mischlehm" und „Letten" (U 29 - 31). Bei der

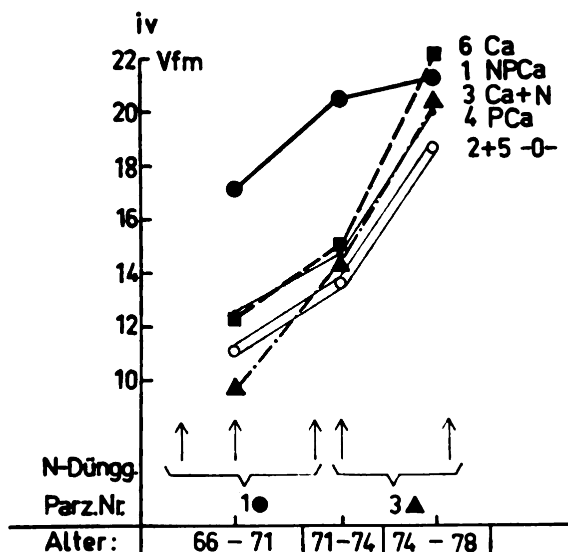



Abb. 3

D. V. Nr. 71/1 - 6: Verlauf des iv der Varianten und Zeitpunkte der N-Düngung

Anlegung mußte viel abgängiges Material (58 - 82 Vfm = 13 - 16 % des Vorrats vor der Df.) entnommen werden. 1958 folgte eine schwache Niederdurchforstung. Die sonstigen Anfälle waren unbedeutend (1 - 4 Vfm).

Die *Bestockungsgrade* betrugen bei Versuchsbeginn 0,82 - 0,89 und bei Beginn der 3. Periode 0,85 - 0,92.

Während der ersten 5-jährigen Periode 1953/58 konnten die bis dahin nur mit Ca gedüngten Parzellen 3+6 zusammengefaßt werden. Dabei ergab sich folgende Abstufung im Zuwachs der Varianten, die mit den entsprechenden Ergebnissen des D.V. 58 übereinstimmt.

| Parz. Nr. | Düngung | iv 66/71 ursprünglich Vfm | % von 0 | berichtigt Vfm | % von 0 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 + 5 | – 0 – | 11,0 | 100 | 11,0 | 100 |
| 3 + 6 | Ca | 11,3 | 103 | 11,0 | 100 |
| 4 | PCa | 13,4 | 122 | 12,5 | 114 |
| 1 | NPCa | 18,2 | 165 | 17,8 | 162 |

Die in der 1. Periode gegenüber beiden 0-Parzellen im Zuwachs um 12 % unterlegene Ca-Parzelle 3 erhielt 1960 und 1964 zus. 9,0 dz Kalkstickstoff und überholte in den folgenden Perioden die 0-Parzellen. Dabei dürfte die 2. N-Düngung sich noch nicht voll ausgewirkt haben. Die Ca-Parzelle 6 war bis zum 8. Jahr im Zuwachs gleich mit der PCa-Parzelle 4 und übertraf dann plötzlich in der 3. Periode sämtliche Parzellen. Die Ursache dieser ungewöhnlichen Zuwachssteigerung konnte nicht geklärt werden. Die Mehrleistung der PCa-Parzelle 4 in der gesamten Beobachtungszeit ist geringer als auf D.V. 58, auch fehlt hier die dort beobachtete starke Zuwachssteigerung in der 3. Periode. Die hier auf 310 kg N gesteigerte NPCa-Düngung brachte den größten Mehrzuwachs. Tab. 4 zeigt die Mehrleistungen in der 12-jährigen Beobachtungszeit.

Durchmesserzuwachs-Messungen an Stammscheiben von Parzelle 3 lassen die dankbare Reaktion der Bäume auf die N-Gaben gut erkennen.

Da, abgesehen von 0 von der 2. Periode ab Wiederholungen fehlen, sind die Ergebnisse nur zusammen mit denen der Parallel-Versuche verwertbar. Für einen Vergleich der Wirkung von Kalkammonsalpeter und Kalkstickstoff ist die Versuchsanordnung nicht geeignet.

1961 untersuchte Dr. Zöttl von der Forstlichen Forschungsanstalt München in Parzelle 1 und 2 die Feinwurzelverteilung (Zöttl 1964), um zu prüfen, ob durch die Düngung die Bildung der oberflächennahen Wurzeln gefördert wird. Im Gegensatz zu Zöttl's Befunden auf Düngungs-Flächen geringer Bonität in Oberschwaben ergab sich hier, daß Masse und Verteilung der Feinwurzeln durch die Düngung kaum beeinflußt wurden, dagegen hatten sich die Feinstwurzeln in der obersten Bodenschicht vermehrt.

Tabelle 4
**Düngungsversuch Nr. 71. Ergebnisse 1953/65, Alter 66/78**
Fi Bonität im Alter 66. ASSMANN-FRANZ: U 29/32 = dGz 8 - 10
WIEDEMANN: dGz 8 - 9

| Parz.-Nr. | Düngung | Stand im Alter 66 n. Df.: n | dg (cm) | hg (m) | g (m²) | $V_7$ (Vfm) | Df.-Anfälle im Alter 66/77 (Vfm) | Alter 66-78: gm (m²) | ig (ursprüngl.) (m²) | ig: = % von 0-Parz. | ig: Pg (%) | iv: ursprgl. Vfm | iv berichtigt: Vfm | iv berichtigt: = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. ber. Vfm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | 0 | 1040 | 20,7 | 22,9 | 35,2 | 395 | 26 | 38,5 | 0,908 | — | 2,35 | 14,8 | — | — | — |
| 5 | 0 | 1245 | 18,7 | 20,9 | 34,1 | 368 | 30 | 37,2 | 0,874 | — | 2,35 | 13,6 | — | — | — |
| 2+5 | 0 | 1142 | 19,7 | 21,9 | 34,6 | 381 | 28 | 37,8 | 0,891 | 100 | 2,35 | 14,2 | 14,2 | 100 | — |
| 6 | Ca | 1200 | 19,1 | 21,3 | 34,3 | 372 | 33 | 37,7 | 1,005 | 112 | 2,66 | 16,1 | 16,2 | 114 | + 2,0 |
| 3 | Ca+N | 1085 | 20,7 | 22,6 | 36,7 | 413 | 31 | 40,3 | 0,949 | 106 | 2,37 | 15,2 | 14,4 | 101 | + 0,2 |
| 4 | PCa | 1150 | 20,2 | 21,6 | 36,9 | 406 | 34 | 40,7 | 1,006 | 112 | 2,47 | 16,1 | 15,5 | 109 | + 1,3 |
| 1 | NPCa | 1060 | 20,9 | 22,7 | 36,4 | 410 | 30 | 41,8 | 1,274 | 143 | 3,04 | 20,7 | 19,3 | 136 | + 5,1 |

6.13 *Der Düngungsversuch Nr. 60 im staatl. Forstbezirk Pfalzgrafenweiler Abt. 79*

*Versuchsziel:* Parallel-Versuch zu den Versuchen Nr. 58 und 59 aber in 45-jährigem Fichtenbestand.

*Standort:* Meereshöhe 650 m. Mittlere Jahresniederschläge 920 mm. Mittlere Jahrestemperatur 6,7° C. Leicht nach W geneigt. Oberer Buntsandstein. Standortseinheit: Bu-Ta-Wald auf Mittelsand.

*Boden:* wie D. V. 58, jedoch weniger einheitlich.

*Bestand:* Reine Fichten aus Pflanzung nach Kahlschlag mit etwas Buchen-Zwischen- und Unterstand. H0-Bonität U 30 - 33 = dGz 9 - 10.

*Versuchsanordnung:* Angelegt 1952, 13 je 25 ar große Parzellen. Plan s. HAUSSER 1961.

Düngungsvarianten: Ca, PCa, N, NCa, NPCa je mit einer Wiederholung. Ausnahmen: N ist nur 1 mal, NCa 3 mal vertreten. Bei der Wiederholung wurde wie bei D. V. 58 und 59 anstelle von kohlensaurem Kalk (CaKK) Hüttenkalk (CaHK), jedoch (abweichend von D. V. 58 und 59) anstelle von 20 dz nur 10 dz CaKK bzw CaHK gegeben. Die PT- und NKAS-Mengen sowie die Düngungszeitpunkte entsprechen denen der genannten Parallel-Versuche (10 dz Thomasphosphat und 3 x 4 dz Kalkammonsalpeter).

*Ertragskundliche Ergebnisse:*

Wegen der großen Stammzahlen waren bis 1961 nur von den 0-Parzellen die *ganzen* 1/4 ha großen Flächen und von den gedüngten nur die halben Flächen, also 1/8 ha numeriert und aufgenommen worden. Es war nun zu prüfen, inwieweit dadurch, daß die gedüngten Parzellen 1961 auf 1/4 ha vergrößert wurden, die Vergleichbarkeit der Zuwüchse ab 1961 mit den früheren Messungen gestört war. Der Vergleich der Grundflächen von 1961 und der Zuwüchse 1961/65 je ha auf den bisher aufgenommenen 1/8 ha großen Flächen mit den je ha-Werten auf den auf 1/4 ha vergrößerten Flächen ergab folgendes:

Bei den 10 gedüngten Parzellen differierten die Grundflächen je ha (n. Df.) der vergrößerten Parzellen von denjenigen der alten 1/8 ha großen Parzellen um — 8 bis + 2 %, im Mittel um — 2,7 % und beim Grundflächenzuwachs 1961/65 betrugen die Differenzen — 5 bis + 13 %, im Mittel + 1,1 %.

Die Differenz von + 13 % trat nur einmal (bei Parz. 3) auf, die nächst größte positive Abweichung betrug + 7 %. Somit bestanden keine Bedenken, die Zuwüchse der 3. Periode 1961/65 mit denen der früheren Perioden zu vergleichen.

Die Buchen, deren Vorrat nur auf einigen Parzellen wenig mehr als 1,0 qm erreicht, wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Die ertragskundlichen Daten sind aus Tabelle 5 ersichtlich. Mit Rücksicht auf Bonitäts- und Altersunterschiede wurden für die Auswertung folgende 3 Parzellengruppen gebildet:

Parz. 1 - 3 = Oberhöhenbonität: U 30 - 31 = $dGz_9$
Parz. 4 - 9 = Oberhöhenbonität: U 31 - 32 = $dGz_{9-10}$
Parz. 10 - 13 = Oberhöhenbonität: U 32 - 33 = $dGz_{10}$

Bei Versuchsbeginn wurden 10 - 24 Vfm abgängiges Material entnommen. Danach waren die *Bestockungsgrade* noch immer relativ hoch: bei Parz. 1 - 9: 0,96 - 1,12, bei Parz. 10 - 13: 0,85 - 0,99.

Die Niederdurchforstung von 1955 lieferte daher relativ hohe Anfälle, auch entstanden 1953 und besonders 1957 Ausfälle durch Schneedruck (s. Tab. 5, Sp. 8), besonders auf den Parzellen Nr. 10 - 13. Dadurch sanken die Bestockungsgrade bei Parz. 1 - 9 auf 0,83 - 1,00, bei Parz. 10 - 13 auf 0,68 - 0,86. Die Durchforstung von 1961 glich die Differenzen etwas aus.

*Düngung und Schneedruckanfall*

Die Prüfung, ob Zusammenhänge zwischen Art der Düngung und Größe des Schneedruckanfalls bestehen, wurde für die Parzellen Nr. 1 - 9 und 10 - 14 getrennt durchgeführt, da letztere Gruppe infolge ihrer etwas höheren und mehr ebenen Lage wesentlich mehr geschädigt wurde. In Tabelle 6 sind Volumen und Stammzahl der Schneedruckanfälle der Fi absolut und in % des Derbholzvorrats bzw. in % der Stammzahl 1952 n. Df. für die Düngungsvarianten mit und ohne N zusammengestellt:

Bei *Parz. 1 - 9* waren die Schneedruckanfälle auf den gedüngten Parzellen absolut und in % des Anfangsvorrats höher als auf den 0-Parzellen. Zwischen den Ausfällen der gedüngten Parzellen mit und ohne N zeigten sich aber keine Unterschiede.

Bei *Parz. 10 - 14* wurden die 0-Parzellen mehr geschädigt als die gedüngten Parzellen. Ein gesicherter Einfluß der Düngung auf das Ausmaß des Schneedruckschadens kann hieraus nicht abgeleitet werden.

Weil *die Darstellung des Zuwachsverlaufs* aller Parzellen oder Parzellengruppen nicht übersichtlich wäre, wurden für den gesamten Versuch die Durchschnitte der berichtigten iv-Werte der gleichgedüngten bzw. der 0-Parzellen in Abb. 4 aufgezeichnet. Da die Düngungsvarianten in den 3 Parzellengruppen nicht gleichmäßig vertreten sind, stimmen die Mehrleistungen dieser Durchschnittswerte nicht ganz überein mit den Werten, die sich *innerhalb*

Tabelle 5

Forstbezirk Pfalzgrafenweiler Abt. 79 — **Düngungsversuch Nr. 60**

**Ergebnisse 1952 - 65** — **Bonität**

Parzellen 1 - 9; Alter 45 - 58 — ASSMANN-FRANZ U 30 - 32 = dGz 9 - 10 WIEDEMANN dGz 9 - 10

Parzellen 10 - 13; Alter 47 - 60 — ASSMANN-FRANZ U 32 - 33 = dGz 10 WIEDEMANN dGz 10 - 11

| Parz.-Nr. | Düngung | Stand im Alter 45 n. Df. | | | | | Df.-Anfälle im Alter 46/57 | Alter 45-58 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | dg | hg | g | $V_7$ | | gm | ig (ursprüngl.) | | | iv | | | |
| | | | | | | | | | | = % von 0-Parz. | Pg | ursprgl. Vfm | berichtigt | | Mehr gegen 0-Parz. ber. Vfm |
| | | | | | | | | | | | | | Vfm | = % von 0-Parz. | |
| | | | cm | m | m² | Vfm | Vfm (x) | m² | m² | | % | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | 0 | 2324 | 13,1 | 14,7 | 31,4 | 228 | 81 (4) | 32,2 | 1,056 | 100 | 3,28 | 14,5 | 14,5 | 100 | — |
| 3 | NCa | 2504 | 12,5 | 14,3 | 30,8 | 213 | 94 (8) | 32,9 | 1,396 | 132 | 4,24 | 19,5 | 19,9 | 137 | 5,4 |
| 2 | NPCa | 2760 | 12,7 | 14,5 | 34,8 | 245 | 114 (12) | 36,8 | 1,618 | 153 | 4,39 | 22,5 | 22,0 | 152 | 7,5 |
| 6 | 0 | 2320 | 13,2 | 15,3 | 31,7 | 235 | 97 (8) | 32,3 | 1,235 | 100 | 3,82 | 17,4 | 17,4 | 100 | — |
| 4 | Ca | 2296 | 14,0 | 15,8 | 35,2 | 269 | 123 (10) | 36,0 | 1,392 | 113 | 3,87 | 19,7 | 18,4 | 106 | 1,0 |
| 8 | PCa | 2568 | 12,5 | 14,9 | 31,7 | 226 | 74 (12) | 32,8 | 1,399 | 113 | 4,27 | 19,6 | 20,0 | 115 | 2,6 |
| 5 | N | 2528 | 13,6 | 15,6 | 37,0 | 279 | 133 (12) | 37,5 | 1,471 | 119 | 3,92 | 20,9 | 19,5 | 112 | 2,1 |
| 7 | NCa | 2600 | 12,7 | 15,0 | 33,0 | 236 | 113 (13) | 34,9 | 1,675 | 136 | 4,79 | 23,3 | 23,0 | 132 | 5,6 |
| 9 | NPCa | 2616 | 12,2 | 14,8 | 30,5 | 213 | 97 (14) | 32,8 | 1,633 | 132 | 4,98 | 22,9 | 23,4 | 134 | 6,0 |
| | | *Stand im Alter 47 n. Df.* | | | | | *Alter 48/59* | *Alter 47 - 60* | | | | | | | |
| 12 | 0 | 1696 | 15,0 | 17,2 | 30,0 | 259 | 89 (34) | 30,3 | 1,087 | 100 | 3,59 | 15,7 | 15,7 | 100 | — |
| 11 | Ca | 1784 | 14,9 | 17,1 | 31,0 | 266 | 85 (37) | 32,1 | 1,273 | 117 | 3,96 | 18,8 | 18,1 | 115 | 2,4 |
| 13 | PCa | 2288 | 13,7 | 16,3 | 33,6 | 263 | 88 (24) | 34,9 | 1,474 | 136 | 4,22 | 21,2 | 19,9 | 127 | 4,2 |
| 10 | NCa | 2168 | 13,8 | 16,4 | 32,5 | 256 | 92 (21) | 33,6 | 1,439 | 132 | 4,28 | 20,6 | 19,8 | 126 | 4,1 |

(x) davon Schneedruck

Tabelle 6

**D. V. 60. Schneedruckanfälle je ha 1953/57**

**absolut und in % von Volumen bzw. Stammzahl des bleibenden Bestandes 1952 — Rahmen und Mittelwerte**

| | Düngung | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | Ca, PCa | N, NCa, NPCa |
| *Parz. Nr. 1 - 9* | | | |
| Parz. Anzahl | 2 | 2 | 5 |
| a) Volumen Vfm | 4 - 8<br>6 | 10 - 12<br>11 | 8 - 14<br>12 |
| b) Volumen in % von Vorrat 1952 n. Df. | 1,8 - 3,4<br>2,6 | 3,7 - 5,3<br>4,5 | 3,8 - 6,6<br>5,0 |
| c) Stammzahl | 68/104<br>86 | 104/232<br>168 | 112/208<br>157 |
| d) Stammzahl in % der Stz. 1952 v. Df. | 2,9 - 4,5<br>3,7 | 4,5 - 9,0<br>6,7 | 4.4 - 8,0<br>6,0 |
| *Parz. 10 - 14* | | | |
| Parz. Anzahl | 1 | 2 | 1 |
| a) Volumen Vfm | 34 | 24/37<br>30 | 21 |
| b) Volumen in % von Vorrat 1952 n. Df. | 13,1 | 9,1/13,9<br>11,5 | 8,2 |
| c) Stammzahl | 280 | 224/280<br>252 | 240 |
| d) Stammzahl in % der Stz. 1952 n. Df. | 16,5 | 9,8/15,7<br>12,7 | 11,1 |

der Parzellengruppen ergaben und die für die weitere Auswertung verwendet wurden.

Im Gegensatz zu den Versuchen Nr. 58 u. 71, bei denen der iv der 0-Parzellen von 1952 - 65 ständig anstieg, ging er hier nach dem Anstieg der 2. Periode 1961 - 65 durchweg zurück. Das ist weder aus dem Verlauf der Jahresniederschläge, die von der 1. zur 3. Periode zunahmen, noch aus der von der 2. zur 3. Periode geringen Veränderung der Bestockungsgrade zu erklären.

Die Ca-Düngung brachte eine langsam steigende Mehrleistung von der 1. zur 3. Periode. Bei beiden PCa-Parzellen fällt, ähnlich wie bei D. V. 58, Reihe I, die erhebliche Zuwachssteigerung in der 3. Periode auf. Die Mehrleistung der N-Parzelle zeigt wie bei D. V. 58 von der 1. zur 3. Periode sinkende Tendenz. Das Gleiche gilt für die 3-fach vertretene Variante NCa und für die NPCa-Düngung. Dennoch liegen auch in der 3. Periode die Mehrleistungen aller Varianten außer N gegenüber den zugehörigen 0-Par-

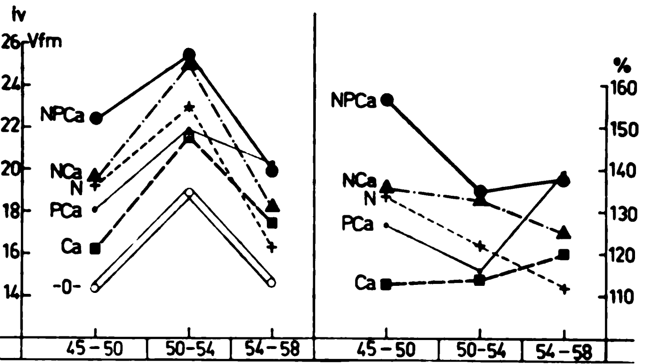



Abb. 4

D. V. Nr. 60/1 - 13: Verlauf des mittleren iv der Varianten in den 3 Perioden, absolut und in % des iv der 0-Parzellen

zellen noch zwischen + 15 und + 39 %, d. h. die Düngewirkung hielt länger als 13 Jahre an.

*Während der gesamten Beobachtungszeit* lieferten die Varianten im Durchschnitt nachstehened *Mehrerträge* gegenüber den zugehörigen 0-Parzellen:

| Düngung | Parzellen-Anzahl | ursprünglich Vfm | % | berichtigt Vfm | % |
|---|---|---|---|---|---|
| Ca | 2 | 2,7 | 16 | 1,7 | 10 |
| PCa | 2 | 3,8 | 24 | 3,4 | 21 |
| N | 1 | 3,5 | 20 | 2,1 | 12 |
| NCa | 3 | 5,3 | 33 | 5,0 | 32 |
| NPCa | 2 | 6,7 | 43 | 6,7 | 43 |

Mit Ausnahme von N stufen sich die Varianten bei den berichtigten Werten in gleicher Folge ab wie bei D. V. 58.

*Messungen des Durchmesserzuwachses an Stammscheiben* bestätigten die rasche Zuwachssteigerung mit folgendem langsamem Rückgang auf der NPCa-Parzelle 9 sowie das langsame Steigen des Zuwachses auf der PCa-Parzelle 8. Auch der aus Abb. 4 ersichtliche Zuwachsverlauf mit einem Maximum in der 2. Periode war aus diesen Messungen erkennbar. Das Lichtbild (Abb. 5) einer Stammscheibe aus 1,3 m von einem durch Schneedruck ausgefallenen herrschenden Stamm der NPCa-Parzelle Nr. 9 veranschaulicht die Entwicklung des Durchmesserzuwachses.

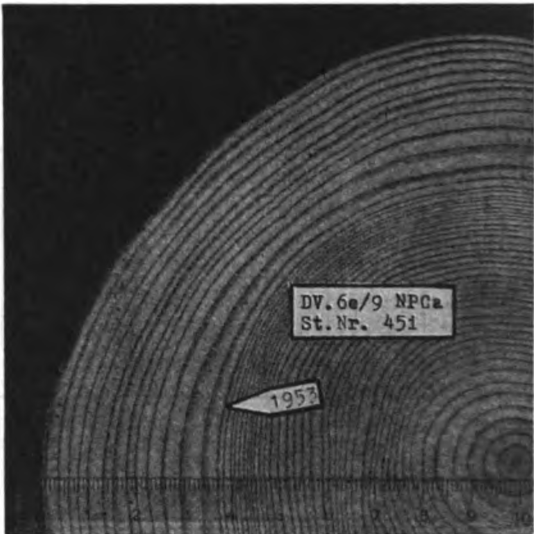



Abb. 5
D. V. Nr. 60: Scheibe aus 1,3 m von einem herrschenden Stamm der NPCa-Parzelle Nr. 9. Die rasche Zuwachssteigerung nach den N-Düngungen von 1953, 1954 und 1955 ist gut zu sehen.

### 6.14 *Der Düngungsversuch Nr. 59 im staatl. Forstbezirk Freudenstadt Distr. III Abt. 4*

*Versuchsziel:* Parallel-Versuch zu den Versuchen Nr. 58 und 60, jedoch im Einzelwuchsbezirk 3 Hornisgrinde-Murg gelegen.

*Standort:* 740 m. Jährliche Niederschläge 1520 mm, mittlere Jahrestemperatur 6,6 °C. 5 % nach W geneigt.

*Standortseinheit:* „Bu-Ta-Wald auf flachen Hängen des oberen Buntsandsteins".

Forstbezirk Freudenstadt Distr. III Abt. 4 — Tabelle 7

**Düngungsversuch Nr. 59, Parzellen Nr. 1 - 5. Ergebnisse 1952/65, Alter: Fi 66 - 79, Ta 74 - 87**

Bonität im Alter: 66 Fi Assmann-Franz: U 25/28 = dGz 6 - 8
Fi Wiedemann: = dGz 7 - 8
74 Ta Hausser: = dGz 7 - 8

| Parz.-Nr. Düngung | Baumart | Stand 1952 n. Df. n | dg cm | hg m | g m² | $V_7$ Vfm | Df.-Anfälle im Alter 67/78 Vfm (x) | 1952 - 65 gm m² | ig (ursprünglich) m² | = % von 0-Parz. | Pg % | iv ursprgl. Vfm | berichtigt Vfm | = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. ber. Vfm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 3 | Fi | 1180 | 18,1 | 17,5 | 30,5 | 270 | 83 (44) | 28,6 | 0,580 | | 2,03 | 8,0 | | | |
| – 0 – | Ta | 144 | 18,0 | 15,7 | 3,8 | 32 | — — | 4,4 | 0,122 | | 2,74 | 1,7 | | | |
| | | 1324 | | | 34,3 | 302 | 83 | 33,1 | 0,702 | 100 | 2,12 | 9,7 | 9,7 | 100 | |
| 5 | Fi | 1048 | 18,8 | 18,1 | 29,1 | 270 | 99 (69) | 27,7 | 0,739 | | 2,67 | 11,1 | | | |
| Ca | Ta | 96 | 16,0 | 13,9 | 2,0 | 15 | 1 — | 2,1 | 0,065 | | 3,02 | 0,9 | | | |
| | | 1144 | | | 31,1 | 285 | 100 | 29,8 | 0,804 | 115 | 2,69 | 12,0 | 12,9 | 133 | + 3,2 |
| 4 | Fi | 1208 | 17,5 | 17,2 | 29,0 | 245 | 174 (42) | 27,7 | 0,818 | | 2,95 | 12,4 | | | |
| PCa | Ta | 288 | 13,4 | 11,9 | 4,0 | 26 | 4 (1) | 4,4 | 0,122 | | 2,77 | 1,5 | | | |
| | | 1496 | | | 33,0 | 271 | 178 | 32,1 | 0,940 | 134 | 2,93 | 13,9 | 14,7 | 152 | + 5,0 |
| 1 | Fi | 1152 | 16,7 | 17,4 | 25,4 | 226 | 130 (88) | 23,3 | 0,747 | | 3,20 | 11,4 | | | |
| NCa | Ta | 152 | 18,9 | 16,2 | 4,3 | 37 | 5 — | 5,1 | 0,169 | | 3,32 | 2,4 | | | |
| | | 1304 | | | 29,7 | 263 | 135 | 28,4 | 0,916 | 131 | 3,22 | 13,8 | 16,3 | 168 | + 6,6 |
| 2 | Fi | 1180 | 16,8 | 16,7 | 26,2 | 216 | 119 (65) | 24,1 | 0,747 | | 3,09 | 11,2 | | | |
| NPCa | Ta | 244 | 20,6 | 16,0 | 8,1 | 67 | 8 — | 9,3 | 0,315 | | 3,40 | 4,4 | | | |
| | | 1424 | | | 34,3 | 283 | 127 | 33,4 | 1,062 | 151 | 3,18 | 15,6 | 16,4 | 169 | + 6,7 |

(x) davon Schneebruch

*Boden:* Unter 2 - 6 cm Rohhumusauflage folgt tiefgründiger, skelettreicher lehmiger Sand, schwach podsoliert. Im $A_0$-Horizont pH in KCl 2,9 - 3,1 nach Dr. Evers.

*Bodentyp:* Basenarme Parabraunerde bis Braunerde aus so-Verwitterung. Wasserhaushalt mäßig grundfrisch (nach W. Bilger).

*Bestand:* 64 - 67-jährige Fichten aus Pflanzung. H0-Bonität U 25 - 30 = dGz 6 - 9 mit 74-jähr. Tannen dGz 7 - 11 aus Naturverjüngung, die mit 3 - 38 % an der Anfangsgrundfläche bzw. mit 4 - 42 % an der mittleren Grundflächenhaltung beteiligt sind, sowie einige Buchen.

*Versuchsanordnung:* Angelegt 1952 mit 11 je 25 ar großen Parzellen, davon 3 nicht gedüngt (Lageplan s. Hausser 1961).

*Düngungsvarianten:* Ca, PCa, N, NCa, NPCa, außer N je einmal wiederholt.

Wie bei D. V. 58 und 71 wurden 20 dz kohlens. Kalk bzw. Hüttenkalk, 10 dz Thomasphosphat und 3 x 4 dz Kalkammonsalpeter zu den gleichen Zeiten wie dort gegeben.

*Ertragskundliche Ergebnisse*

Die Auswertung dieses Versuchs ist erschwert durch größere Unterschiede in der Bonität, im Anteil der Ta und im Bestockungsgrad. Dazu kommen Schneedruckschäden in den Jahren 1953 und besonders 1957. Nachstehend wird zunächst geschildert, wie versucht wurde, diese Einflüsse auszuschalten.

*Bonitätsunterschiede:* Wegen der Bonitätsunterschiede wurden für die Auswertung 2 Parzellengruppen gebildet (s. Tab. 7 u. 8) Nr. 1 - 5 im oberen, bonitätsmäßig einheitlicheren und etwas geringeren Teil (dGz 6 - 8) und Parzellen Nr. 6 - 12, im unteren Teil mit einem Bonitätsrahmen von dGz 7 - 9 und größeren Unterschieden im Bestockungsgrad. Wie bei D. V. 58 und 60 wurde die N-, NCa-, und NPCa-Düngung auf die bonitätsmäßig geringsten Parzellen gelegt, das führte zu relativ hohen Berichtigungen von — 5 (Parz. 6) bis + 24 % (Parz. 1).

*Schneedruck:* Bei der Anlegung wurden 18 - 30 Vfm abgängiges Material entnommen. 1953 - 1957 entstanden erhebliche Ausfälle

Forstbezirk Freudenstadt — Tabelle 8

**Düngungsversuch Nr. 59, Parzellen Nr. 6 - 12. Ergebnisse 1952/65, Alter: Fi 66 - 79, Ta 74 - 87**

Bonität im Alter: 66 Fi Assmann-Franz: U 26/30 = dGz 7 - 9
Fi Wiedemann: = dGz 7 - 9
74 Ta Hausser = dGz 8 - 9

| Parz. Nr. Düngung | Baumart | Stand 1952 n. Df. | | | | | Df.-Anfälle im Alter 67/78 | 1952 - 65 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | dg | hg | g | $V_7$ | | gm | ig (ursprünglich) | | | iv | | | |
| | | | | | | | | | m² | = % von 0-Parz. | Pg % | ursprgl. Vfm | berichtigt Vfm | berichtigt = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. ber. Vfm |
| | | | cm | m | m² | Vfm | Vfm (x) | m² | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 7 – 0 – | Fi | 1032 | 20,2 | 19,3 | 33,2 | 324 | 121 (69) | 30,6 | 0,706 | | 2,30 | 10,8 | | | |
| | Ta | 124 | 20,9 | 17,8 | 4,3 | 40 | 2 (1) | 5,1 | 0,117 | | 2,31 | 1,6 | | | |
| | | 1156 | | | 37,5 | 364 | 123 (70) | 35,7 | 0,823 | | 2,30 | 12,4 | | | |
| 11 – 0 – | Fi | 1016 | 21,3 | 20,6 | 36,3 | 385 | 184 (117) | 30,5 | 0,714 | | 2,34 | 11,2 | | | |
| | Ta | 44 | 18,5 | 15,2 | 1,3 | 11 | 1 — | 1,4 | 0,030 | | 2,11 | 0,4 | | | |
| | | 1060 | | | 37,6 | 396 | 185 (117) | 31,9 | 0,744 | | 2,33 | 11,6 | | | |
| 7 + 11 – 0 – | Fi | 1024 | | 19,9 | 34,7 | 354 | 152 (93) | 30,6 | 0,710 | | 2,32 | 11,0 | | | |
| | Ta | 84 | | 16,5 | 2,8 | 26 | 2 — | 3,2 | 0,073 | | 2,25 | 1,0 | | | |
| | | 1108 | | | 37,5 | 380 | 154 (93) | 33,8 | 0,783 | 100 | 2,32 | 12,0 | 12,0 | 100 | |
| 12 Ca HK | Fi | 1036 | 19,7 | 19,3 | 31,5 | 306 | 127 (81) | 27,7 | 0,705 | | 2,54 | 10,8 | | | |
| | Ta | 188 | 16,2 | 14,0 | 3,8 | 32 | 2 — | 4,5 | 0,134 | | 2,96 | 1,7 | | | |
| | | 1224 | | | 35,3 | 338 | 129 (81) | 32,2 | 0,839 | 107 | 2,60 | 12,5 | 13,2 | 110 | + 1,2 |
| 6 P Ca HK | Fi | 1036 | 20,6 | 20,0 | 34,3 | 350 | 168 (110) | 28,8 | 0,712 | | 2,48 | 11,2 | | | |
| | Ta | 136 | 17,6 | 16,3 | 3,3 | 32 | 1 — | 3,7 | 0,108 | | 2,88 | 1,6 | | | |
| | | 1172 | | | 37,6 | 382 | 169 (110) | 32,5 | 0,820 | 105 | 2,52 | 12,8 | 13,3 | 111 | + 1,3 |
| 9 N | Fi | 1124 | 18,2 | 17,4 | 29,3 | 256 | 89 (42) | 28,9 | 0,828 | | 2,86 | 12,5 | | | |
| | Ta | 188 | 17,9 | 15,1 | 4,7 | 40 | 6 — | 5,3 | 0,139 | | 2,65 | 1,8 | | | |
| | | 1312 | | | 34,0 | 296 | 95 (42) | 34,2 | 0,967 | 123 | 2,75 | 14,3 | 15,3 | 127 | + 3,3 |
| 10 N Ca HK | Fi | 1308 | 17,6 | 16,6 | 31,7 | 279 | 128 (70) | 28,5 | 0,885 | | 3,10 | 13,2 | | | |
| | Ta | 128 | 20,1 | 15,9 | 4,0 | 35 | 9 — | 4,5 | 0,144 | | 3,17 | 2,0 | | | |
| | | 1436 | | | 35,7 | 314 | 137 (70) | 33,0 | 1,029 | 131 | 3,12 | 15,2 | 17,9 | 149 | + 5,9 |
| 8 NP Ca HK | Fi | 884 | 18,1 | 17,5 | 22,6 | 201 | 79 (59) | 21,2 | 0,707 | | 3,34 | 10,2 | | | |
| | Ta | 384 | 21,7 | 17,2 | 14,1 | 132 | 9 (3) | 15,5 | 0,469 | | 3,03 | 6,8 | | | |
| | | 1268 | | | 36,7 | 333 | 88 (62) | 36,7 | 1,176 | 138 | 3,21 | 17,0 | 17,8 | 148 | + 5,8 |

(x) davon Schneebruch

durch Schneedruck und zwar fast ausschließlich bei der Fichte. Diese sind in Tab. 7 u. 8 in Spalte 8 in Klammern angegeben.

Da eine Auflichtung der Fichtenbestände durch Schneedruck typisch für den vorliegenden Standort ist, wurde der Versuch trotzdem weitergeführt. Das wurde dadurch erleichtert, daß besonders die Parzellen 1 - 5 ziemlich gleichmäßig betroffen waren, wie die in Abb. 6 wiedergegebenen Veränderungen der Bestockungsgrade der bleibenden Bestände zeigen.

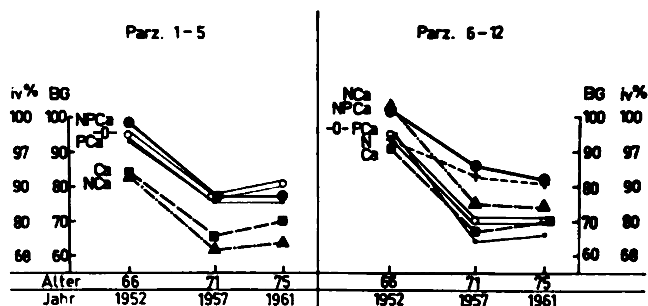



Abb. 6
D. V. Nr. 59: Veränderungen der Bestockungsgrade (BG = % der G opt.) und Zuwachsreduktions-Werte (iv %) nach ASSMANN/FRANZ

Bei der Prüfung, ob die Ausfälle auf den mit N gedüngten Parzellen größer waren als auf den 0- oder Ca- u. PCa-Parzellen, wäre wegen der unterschiedlichen Anteile der Ta ein Vergleich der absoluten Schneedruckanfälle der Fi auf den verschieden gedüngten Parzellen nicht sinnvoll gewesen.

Daher wurden wie bei D. V. 60 Volumen und Stammzahl der Schneedruckanfälle der Fi von 1953/57 zum Derbholzvorrat ($V_7$) bzw. zur Stammzahl bei Versuchsbeginn 1952 n. Df. in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse sind in Tab. 9 für die Varianten mit und ohne N zusammengestellt.

Tabelle 9
**D. V. 59. Schneedruckanfälle 1952/57 in % von Volumen und Stammzahl des Fi-Vorrats 1952 n Df.**

| Düngung | – 0 – | Ca u. PCa | N, NCa, NPCa |
|---|---|---|---|
| Parzellen-Anzahl | 3 | 4 | 5 |
| Schneedruckanfall | | | |
| a) Volumen | | | |
| in % von $V_7$ 1952 n. Df. | | | |
| Rahmen % | 16 - 30 | 17 - 31 | 16 - 39 |
| Mittel % | 22 | 25 | 28 |
| b) Stammzahl | | | |
| in % von Stz. 1952 n. Df. | | | |
| Rahmen % | 20 - 30 | 19 - 32 | 19 - 42 |
| Mittel % | 25 | 27 | 30 |

Aus dem leichten Ansteigen der Mittel- und Maximalwerte von den 0-Parzellen zu den N-, NCa- und NPCa-Parzellen ist zwar eine gewisse Tendenz erkennbar, jedoch kann aus diesen nicht gesicherten geringen Differenzen auch hier nicht auf eine erhöhte Schneedruckgefährdung infolge der N-Düngung geschlossen werden.

*Unterschiedliche Anteile der Ta* (s. Tab. 10)

Da die Ta fast gar nicht unter Schneedruck gelitten hat, nahm ihr Anteil am Gesamtvorrat von der 2. zur 3. Periode etwas zu. Sie ist in der *gesamten Beobachtungszeit* an der mittleren Grundflächenhaltung der Varianten 0, Ca, PCa, N und NCa mit 12 - 16 % und bei NPCa mit 34 % beteiligt. Die Zuwachsprozente der Ta müßten nach den Ertragstafeln in diesem Alter höher sein als diejenigen der Fi. Das trifft auch hier zu mit Ausnahme der Parzellen 4, 8, 9 u. 11. Im Durchschnitt aller Parzellen jeder Variante sind die pg-Werte der Ta um 0 % (NPCa) bis 15 % (Ca) größer als diejenigen der Fi, lediglich bei N ist der pg-Wert um 7 % kleiner.

Tabelle 10
**D. V. 59. Vergleich der Grundflächenzuwachs-Prozente (pg) von Fi u. Ta und der Anteile der Ta an der mittleren Grundflächenhaltung (gm) 1952 - 65.**

| Parz. Nr. | Düngung | Fi pg % | Ta pg % | Fi + Ta pg % | Anteile der Ta an gm von Fi + Ta % |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | – 0 – | 2,03 | 2,74 | 2,12 | 17 |
| 7 | | 2,30 | 2,31 | 2,30 | 14 |
| 11 | | 2,34 | 2,11 | 2,33 | 4 |
| Mittel | | *2,21* = 100 | *2,39* = 100 | *2,25* = 100 | *12* |
| 5 | Ca | 2,67 | 3,02 | 2,69 | 8 |
| 12 | | 2,54 | 2,96 | 2,60 | 14 |
| Mittel | | *2,60* = 118 | *2,99* = 125 | *2,64* = 117 | *11* |
| 4 | PCa | 2,95 | 2,77 | 2,93 | 13 |
| 6 | | 2,48 | 2,88 | 2,52 | 11 |
| Mittel | | *2,71* = 123 | *2,82* = 118 | *2,72* = 121 | *12* |
| 9 | N | 2,86 = 129 | 2,65 = 111 | 2,75 = 122 | 15 |
| 1 | NCa | 3,20 | 3,32 | 3,22 | 18 |
| 10 | | 3,10 | 3,17 | 3,12 | 14 |
| Mittel | | *3,15* = 143 | *3,24* = 136 | *3,17* = 141 | *16* |
| 2 | NPCa | 3,09 | 3,40 | 3,18 | 28 |
| 8 | | 3,34 | 3,03 | 3,21 | 41 |
| Mittel | | *3,21* = 145 | *3,21* = 134 | *3,20* = 142 | *34* |

Die parzellenweise Prüfung, wie sich die unterschiedlichen Anteile der Ta mit ihren von der Fi verschiedenen Zuwachsprozenten auf die Zuwachsprozente des Gesamtbestandes auswirken, ergab, daß durch den Ta-Anteil das Grundflächenzuwachsprozent des Gesamtbestands gegenüber dem der Fi allein in keinem Fall um mehr als 4 % nach oben oder unten verändert wird. Daher erschien es vertretbar, für den Zuwachsvergleich die iv-Werte des Gesamtbestands von Fi + Ta zu verwenden. Unter Zugrundelegung der Mittelhöhen der Fi bei Versuchsbeginn bzw. zu Anfang der Perioden wurden nach dem oben in Abschnitt 3.0 geschilderten Verfahren die iv-Werte der gedüngten Parzellen auf Bonität und Bestockungsgrad der 0-Parzellen berichtigt.

*Zuwachsverlauf und Mehrleistungen* (s. Tab. 7, 8 u. Abb. 7)

Wie die Parallel-Versuche Nr. 58 und 60 wurde der Versuch für die Perioden 1952/57, 1957/61 und 1961-66 ausgewertet.

Da hier die Unterschiede zwischen ursprünglichen und berichtigten Werten, besonders bei den in Bonität und Bestockungsgrad am stärksten benachteiligten N-, NCa- und NPCa-Parzellen relativ groß sind, wurden in Abb. 7 auch die ursprünglichen Werte (nicht ausgefüllte Signaturen ohne Verbindungslinien) eingezeichnet.

Auch hier gilt, was in Abschnitt 6.13 bei D. V. 60 über die Darstellung des Zuwachsverlaufs bzw. über die aus den iv-Mittel-

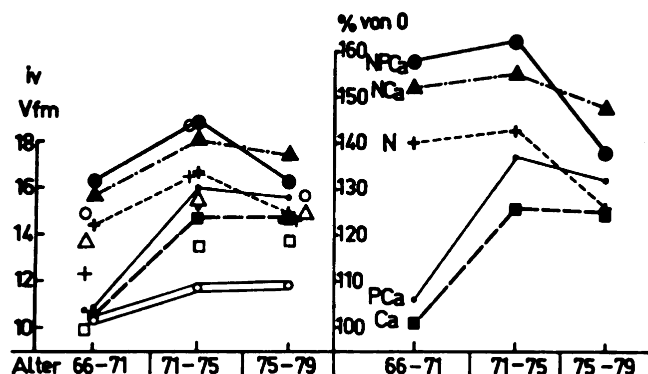



Abb. 7
D. V. Nr. 59/1 - 12: Verlauf des mittleren iv der Varianten in den 3 Perioden, absolut und in % des iv der 0-Parzellen. Offene Zeichen ohne Verbindungslinien = nicht berichtigte Werte

werten aller gleich gedüngten, aber zu verschiedenen Auswertungsgruppen gehörigen Parzellen berechneten Mehrleistungen gesagt wurde.

Auf den 0-Parzellen stieg der iv von der 1. zur 3. Periode leicht an (wie bei D. V. 58 und 71). Die Abstufung der Zuwüchse der Varianten ist in der 1. und 2. Periode gleich wie bei den Versuchen 58 und 60, d. h. steigend in der Folge Ca-PCa-N-NCa-NPCa. Trotz — oder wegen (?) — der Verlichtung durch Schneedruck zu Beginn der 2. Periode (s. Abb. 6 Bestockungsgrade) stieg der Zuwachs mit und ohne Berichtigung in der 2. Periode auf allen gedüngten Parzellen (außer Parz. 8 und 10), besonders auf Nr. 1 - 5 z. T. stürmisch an.

Die Veränderungen zur 3. Periode sind nicht einheitlich. Die Tendenz zu leichtem Rückgang — absolut und prozentual gegen 0 — überwiegt.

In der 13jährigen Beobachtungszeit ergaben sich für die Varianten nachstehende durchschnittliche Mehrerträge gegenüber den zugehörigen 0-Parzellen:

| Düngung | Anzahl Parz. | ursprünglich Vfm | % | berichtigt Vfm | % |
|---|---|---|---|---|---|
| Ca | 2 | 1,4 | 14 | 2,2 | 21 |
| PCa | 2 | 2,5 | 25 | 3,1 | 31 |
| N | 1 | 2,3 | 19 | 3,3 | 27 |
| NCa | 2 | 3,6 | 34 | 6,2 | 58 |
| NPCa | 2 | 5,4 | 51 | 6,2 | 58 |

Wir finden die gleiche Abstufung von Ca zu NPCa wie bei D. V. 60 und — mit Ausnahme von N — wie bei D. V. 58.

*Wie hat die Ta auf die Düngung reagiert?*

Da auf den einzelnen Parzellen Fi und Ta am Gesamtbestand und an den soziologischen Baumklassen nicht gleich beteiligt sind, wäre ein exakter Vergleich der Reaktion der beiden Baumarten auf die Düngung nur möglich durch nach Baumklassen gesonderte Zuwachsberechnungen. Da hierzu die Zeit fehlte, wurde versucht, durch Gegenüberstellung der Grundflächenzuwachsprozente (pg) Aufschlüsse über diese Frage zu bekommen. Aus der Abstufung der pg-Werte in Tab. 10 ist zu ersehen, daß die Ta in ähnlicher Folge wie die Fi, nur etwas schwächer auf die verschiedenen Düngungsvarianten reagiert hat. Auch die Veränderungen der pg-Werte von Periode zu Periode verlaufen auf 8 von 12 Parzellen bei Ta und Fi gleichsinnig.

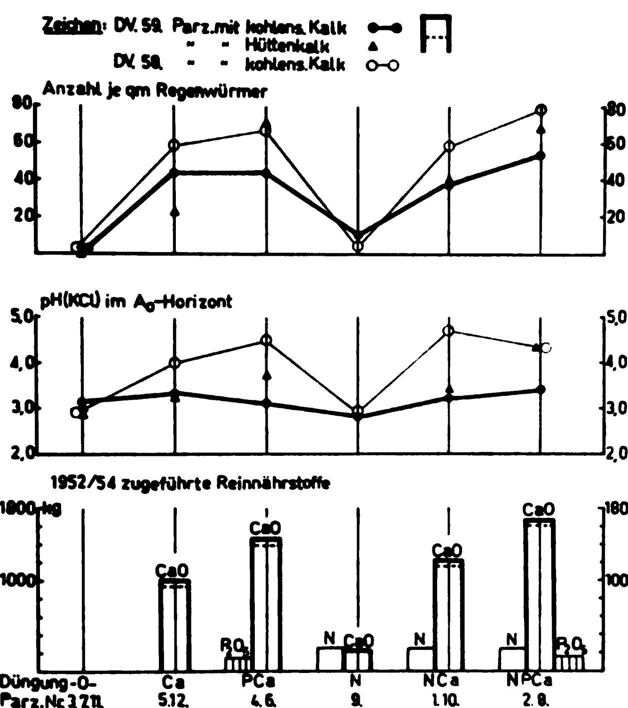



Abb. 8
D. V. Nr. 59: Zugeführte Reinnährstoffe, pH(KCl)-Werte und Regenwurmbesatz

*Untersuchungen des Regenwurmbesatzes durch W. Bilger*

In den Monaten Juni bis Oktober 1964 bestimmte W. Bilger den Regenwurmbesatz an je Parzelle 11 - 14 Proben aus 50 x 50 x 50 cm großen Bodeneinschlägen. Die Ergebnisse sind aus Abb. 8 ersichtlich. Hier sind für die einzelnen Varianten die zugeführten Mengen an Reinnährstoffen, die 1964 bestimmten pH (KCl)-Werte im Ao-Horizont sowie der durchschnittliche Regenwurmbesatz je qm aufgezeichnet. Wie bei D. V. 58 (Hausser-Wittich 1969) zeigt sich deutlich die Auswirkung der Kalkzufuhr bzw. der pH-Werte auf den Regenwurmbesatz. Eine unterschiedliche Wirkung von kohlensaurem Kalk (CaKK) und Hüttenkalk (CaHK) ließ sich dabei nicht feststellen. Denn bei den Varianten PCa, NCa und NPCa, bei denen der Regenwurmbesatz der CaHK-Parzellen größer ist als derjenige der CaKK-Parzellen, sind auch die pH-Werte der CaHK-Parzellen höher. Umgekehrt sind bei der Variante Ca auf der CaHK-Parzelle mit geringerem pH-Wert auch weniger Regenwürmer vorhanden als auf der CaKK-Parzelle.

Die zum Vergleich eingetragenen pH-Werte und Regenwurmzahlen des D. V. 58 zeigen, daß bei etwa gleichem pH der 0-Parzellen (1964 bzw. 1965) durch gleichzeitig gegebene gleiche Nährstoffmengen auf dem Standort in Dornstetten die pH-Werte und der Regenwurmbesatz erheblich mehr gesteigert wurden als auf dem kühleren, niederschlagsreicheren Standort in Freudenstadt.

Wie auf D. V. 58 in Dornstetten fand Bilger auch hier nur die beiden Arten Lumbricus rubellus und Octolasium lacteum.

Fortsetzung folgt

# Der Fichtenverbandsversuch im Forstamt Kirn/Nahe

(Aus der Abteilung Ertragskunde der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt)

(Mit 6 Abbildungen und 11 Tabellen)

Von G. Seibt, Göttingen, und L. B. Angeles, Manila

## Vorwort

Über den Fichtenverbandsversuch Kirn, der bis 1938 zum Forstamt Meisenheim gehörte, berichtete erstmals Wiedemann (1936). Der erstgenannte Verfasser führte die letzte ertragskundliche Aufnahme des inzwischen aufgegebenen Versuchs durch und stellte den vorliegenden Abschlußbericht zusammen. Dabei war ihm die ertragskundliche Auswertung des an zweiter Stelle genannten Verfassers eine wertvolle Hilfe. Dieser studierte als Gastwissenschaftler der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt deutsche Probleme der Wiederaufforstung, die er jetzt in seiner Heimat, der Republik der Philippinen, an verantwortlicher Stelle bearbeitet.

## 1.0 Einleitung

## Die Bedeutung langfristiger Pflanzverbandsversuche

Aus der Sicht eines außereuropäischen Forstwissenschaftlers hat die forstliche Wissenschaft und Forschung in Deutschland vor anderen Ländern den Vorteil, auf die Ergebnisse langfristiger Versuche zurückgreifen zu können. Das trifft insbesondere auf die Frage des Pflanzverbandes der Fichte zu. Wenn trotz Auswertung vieler Fichten-Verbandsversuche die Diskussion um den günstigsten Verband immer wieder auflebt, so liegt das vor allem daran, daß die biologischen Gegebenheiten örtlich verschieden und die wirtschaftlichen Ziele einem ständigen Wandel unterworfen sind. Letzteres gilt insbesondere für Länder mit einer hochentwickelten Forstwirtschaft. Dagegen sind für die weiten Gebiete der Erde, in denen sich ein Forstwesen erst zu entwickeln beginnt, vor allem die allgemein waldbaulichen Erkenntnisse aus den langfristig beobachteten Verbandsversuchen von Wichtigkeit, zu denen auch der Fichtenverbandsversuch in Kirn zählt.

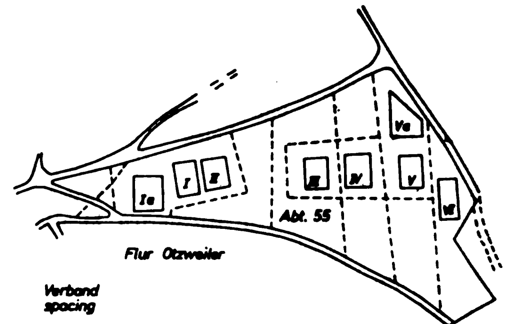



Abb. 1
Lageplan des Fichtenverbandsversuchs im FA Kirn (früher Meisenheim), Abt. 55

Fig. 1
Location of Norway spruce plots in compartment 55 Forest District Kirn (formerly Meisenheim)

Tabelle 1
**Lage und Bodenverhältnisse auf den einzelnen Parzellen nach Wallesch (1969)**
**Situation and Soil Description of the Sample Plots according to Wallesch**

| Parzelle Nr.: Verband (m): | I 5 x 1 | II 4 x 1 | III 3 x 3 | IV 1,8 x 1,8 | V 1,5 x 1,5 | VI 1,3 x 1,3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Geländeausformung und Exposition: | Südhang | Südhang mit Rippen | Südhang | | Südwest, Plateau auf Geländerücken | |
| Neigung: | stark geneigt $(\frac{13°}{18°})$ | stark geneigt $(\frac{12°}{16°})$ | stark geneigt $(\frac{11°}{13°})$ | | schwach bis mäßig geneigt $(\frac{3°}{8°})$ | |
| Bodenart: | toniger Lehm, geringer Steinanteil | toniger Lehm, geringer Steinanteil | toniger Lehm, mäßiger Steinanteil | wie III | toniger Lehm, mäßiger Steinanteil | wie V, jedoch etwas ungünstiger |
| Gründigkeit: | mittelgründig | schwach mittelgründig | mittelgründig | | mittelgründig | |
| Wasserversorgung: | ziemlich trocken | ziemlich trocken | mäßig frisch | | mäßig frisch bis ziemlich trocken | |
| Trophie: | mesotroph | mesotroph | mesotroph | | mesotroph | |
| Bodentyp: | Braunerde | Braunerde | Braunerde | | Braunerde | |
| Beurteilung: | | geringer als I | besser als I besser als II | besser als I, besser als II | besser als I besser als II | |

## 2.0 Standortbeschreibung des Fichtenverbandsversuchs im Forstamt Kirn

### 2.1 Lage:

Der Verbandsversuch, der im Jahre 1908 angelegt wurde, liegt in Abteilung 55 (Salzbrunnen) der Revierförsterei Sien des Forstamts Kirn (früher Meisenheim) im Regierungsbezirk Trier/Rheinland-Pfalz. Die Versuchsfläche, die geographisch zum Nahe-Hügelland gehört, weist eine Seehöhe von 330 - 360 m auf und erstreckt sich vom Rand eines im Süden angrenzenden Wiesentals an dem bewaldeten, durch Rippen und Mulden gegliederten Süd- bis Südwesthang bis zum Plateau eines von Ost nach West verlaufenden Rückens. Die Lage der Einzelparzellen ist aus Abbildung 1 zu ersehen.

### 2.2 Klima und Boden:

Die Lufttemperatur beträgt im langjährigen Mittel nach den Angaben der 25 km entfernten und 315 m hoch gelegenen Station Birkenfeld jährlich 7,4° C, von Mai bis September 13,9° C. Für den durchschnittlichen Niederschlag können die Daten der nahen (3 km) Station Hundsbach herangezogen werden: 607 mm im Jahr und 282 mm von Mai bis September. Das Lokalklima ist je nach der Lage am Hang sowie seiner Exposition und Neigung auf den einzelnen Parzellen des Versuchs verschieden, wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist.

### 2.3 Beurteilung der Standortsverhältnisse nach Wallesch (1969):

Das Grundgestein ist Oberes Rotliegendes (Perm). Der daraus entstandene Boden besteht aus tonigem Lehm bzw. lehmigem Ton mit wechselndem, meist geringem Steinanteil und mittlerer Gründigkeit. Die Wasserversorgung ist wegen der geringen Niederschläge und des hohen Wärmeangebotes in der Vegetationszeit (Randlage des Weinbauklimas) mäßig bis gering. Dieser für die Leistung und Erhaltung der Fichte ausschlaggebende Standortsfaktor wechselt je nach Geländeausformung und Exposition. Die zwar nur kurzen, aber stark geneigten und mehr oder weniger konvexen Südhänge (Parz. I + II) neigen eher zur Austrocknung als die Plateaulagen (Parz. V + VI). Relativ am günstigsten sind die Parzellen mit Hangneigung zu beurteilen (Parz. III + IV). Hangabwärts verlaufende Geländerippen beeinflussen die Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse negativ (Parz. Ia), daneben vorkommende Mulden positiv (Parz. II, III + IV).

Die Standorte aller Parzellen sind mesotroph. Humusform und Höhe der Auflage schwanken je nach dem Streuanteil von Fichte und Eiche und den vom Pflanzverband der Fichte beeinflußten kleinklimatischen Verhältnissen von 2 cm Mull/Moder (Parz. I, II) über 3 cm Moder (Parz. III, IV) bis 4 cm Rohhumus/Moder (Parz. V, VI).

Insgesamt zeigen die Standortsverhältnisse der Versuchsflächen hinsichtlich der Leistungsmöglichkeit der Fichte in folgender Reihe abnehmende Tendenz: III, IV, V, Va, VI, I, Ia, II. Darüber hinaus ist die tatsächliche Leistung der Fichte auf den Parzellen IV, V und VI durch den Pflanzverband beeinflußt, weil bei enger werdenden Pflanzverbänden der Dickungsschluß und damit die Wurzelkonkurrenz auf diesen unzureichend wasserversorgten Standorten früher einsetzt.

## 3.0 Versuchsanlage

Die von Eichenniederwald geräumte Fläche wurde im Jahre 1908 auf etwa 65 bis 130 m breiten, unterschiedlich langen Streifen mit Fichte in verschiedenem Pflanzverband bepflanzt. Die Pflanzreihen, in denen der weiteste Pflanzenabstand 1,8 m betrug, verliefen hangabwärts in südlicher Richtung. Innerhalb der Reihen wurde in Abständen von 1 - 5 m gepflanzt. Im Jahre 1931 wurden in den damals 23jährigen Beständen 0,20 ha große Meßflächen durch die Preußische Forstliche Versuchsanstalt auf etwa gleicher Hanglage ausgeschieden (siehe Abb. 1). Für die Verbände 1,5 x 1,5 m und 5 x 1 m wurde je eine Vergleichsparzelle für revierübliche Durchforstung angelegt.

## 4.0 Bestandsbeschreibung

Über den 23jährigen Fichtenbestand berichtete Wiedemann (1936), daß die zwischen den Fichten wieder ausgeschlagenen Eichenstöcke beim engsten Quadratverband (1,3 x 1,3 m) ganz erdrückt, aber auch in den weiteren Quadratverbänden (1,5 x 1,5 m und 1,8 x 1,8 m) überwachsen und größtenteils abgestorben waren. Dagegen waren in den Reihenverbänden die Fichten und Eichen gleichwüchsig, im weiten 5 x 1-m-Verband teilweise sogar vorherrschend. Die weitere Entwicklung der Bestände nach den Versuchsakten ist aus Tabelle 2 zu ersehen.

Im 30jährigen Bestand war das Laubholz der Fichte um so mehr an Stammzahl und Wuchs überlegen, je trockener der Standort der Parzellen oder Teile derselben waren. Der Anteil unterständiger Buchen war um so größer, je weiter der Standraum der Fichten war.

Im 41jährigen Bestand fehlte die Laubholzbeimischung beim 1,3-m-Quadratverband überhaupt und war bei den weiteren Quadratverbänden geringer als bei den Reihenverbänden. Auf trockenen Partien am Oberhang, Kuppen und Hangrippen behauptete sich die Eiche, während die Fichte mit zunehmendem Alter durch Rotfäule (Fomes annosus), Hallimasch (Armillaria mellea) und Fraß des Borkenkäfers (Ips typographus) geschädigt wurde. Diese Schäden zeigten sich zunächst durch Gelbwerden und Vertrocknen der Nadeln, später durch Entstehung von Lücken, die zur Aufgabe des Versuchs im Bestandsalter von 45 Jahren zwangen. Eine *Trockenästung* erfolgte in den 30jährigen Fichtenbeständen bis zur Höhe von 1,5 - 1,6 m. Nur in den mit 1,3-m- und 1,5-m-Quadratverbänden begründeten Beständen konnte schon bis 2 m hoch geastet werden. Im Verhältnis der Astdicke zur Baumstärke bestanden im Dickungsalter noch wahrnehmbare Unterschiede zwischen den Verbänden, welche im älteren Bestand nicht mehr zu erkennen waren. Die stärkere Laubholzbeimischung der weiteren Verbände hatte die Ausbildung stärker Äste ebenso verhindert wie die engen Pflanzverbände.

Eine *Läuterung* der Fichten im Alter 26 war nur bei den Reihenverbänden möglich. Dagegen konnten die ersten Eingriffe in den Quadratverbänden wegen des schwer durchdringbaren Dorngestrüpps und dichten Unterstandes erst mit 30 Jahren erfolgen, als in die Bestände mit Reihenverbänden bereits zum zweiten Mal eingegriffen wurde. Dabei wurden trockene, unterdrückte und zurückbleibende Fichten nach Möglichkeit zugunsten des Laubholzes entnommen.

Spätere Durchforstungseingriffe unterblieben während des 2. Weltkrieges und beschränkten sich danach auf Trocknishiebe.

Je eine Parzelle der im Verband 5 x 1 m und 1,5 x 1,5 m begründeten Bestände (in Abb. 1 mit Ia und Va bezeichnet) wurde im Alter 26 und 30 revierüblich, d. h. im Herrschenden zugunsten des Laubholzes durchforstet (sogenannte „Adenauer Durchforstung").

## 5.0 Aufnahme und Auswertung

Die übliche Anbringung von Meßstellen und Nummern an den Stämmen unterblieb, vermutlich weil nach dem Trockenwerden herrschender Fichten und Gelbwerden der Nadeln befürchtet werden mußte, daß der Versuch nur beschränkte Zeit weitergeführt werden konnte. Deshalb wurden seit der ersten Aufnahme im Jahre 1931, die von Wiedemann für die erste Veröffentlichung der Versuchsergebnisse (1936) ausgewertet wurde, die Stammstärken durch einfache Kluppung in Brusthöhe ermittelt. Über die späteren Aufnahmen gibt die folgende Zusammenstellung einen Überblick:

1934 August Alter 26 Kluppung und Höhenmessung der Fichten des ausscheidenden Bestandes der Parzellen I - III und Va.

1938 August Alter 30 Kluppung und Höhenmessung der Fichten im ausscheidenden und verbleibenden Bestand auf Parzellen und im jeweils angrenzenden Bestand mit gleichem Verband.

1949 Oktober Alter 41 Kluppung und Höhenmessung von Fichte und Laubholz des verbleibenden Bestandes auf jeweils einem Teil der Parzelle.

1953 August Alter 45 Kluppung und Höhenmessung des verbleibenden und ausscheidenden Bestandes von Fichte und Laubholz auf den vollbestockten Parzellen III, V und VI, Ermittlung der Stammzahl auf den übrigen Parzellen, Stückzählung und Massenermittlung der seit 1949 ausgeschiedenen Fichten auf den Parzellen I - VI.

Da für die Bestände im Alter 30 und 41 Jahre die Meßflächengröße unbekannt war, wurde diese Größe aus der aufgenommenen Stammzahl unter Berücksichtigung des ausscheidenden Bestandes hergeleitet.

Tabelle 2

**Bestandsentwicklung. Anordnung der Versuchsparzellen nach abnehmender Standortgüte. Werte je ha.**
**Stand development. The arrangement of the plots follows the decreasing soil value. Statements per ha.**

| Parzelle Nr.:<br>Größe (ha):<br>Verband (m): | III<br>0,20<br>3 x 1 | IV<br>0,20<br>1,8 x 1,8 | V<br>0,20<br>1,5 x 1,5 | Va<br>0,20<br>1,5 x 1,5 | VI<br>0,1332<br>1,3 x 1,3 | I<br>0,20<br>5 x 1 | Ia<br>0,20<br>5 x 1 | II<br>0,20<br>4 x 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Bestand:* (Jahr)<br>im Alter 23 (1931) | Eiche halb so hoch wie Fichte | Eiche von Fichte überwachsen, zum Teil abgestorben | | | Eiche von Fichte erdrückt | Eiche erreicht Fichtenhöhe | | Eiche halb so hoch wie Fichte |
| im Alter 26 (1934) | Läuterung | Dichter Laubholz-unterstand, Dornen usw. | | Entnahme herrschender Fichten | | Laubholz vor- und mitwüchsig | | Laubholz mitwüchsig |
| | | | | | | Läuterung | Entnahme herrschender Fichten | Läuterung |
| im Alter 30 (1938) | Eiche, viel Buche, weit zurückbleibend. Fichtenäste tiefer als in dichtem Verband. | Eiche, wenig Buche, bis 2 m hoch | Eiche, wenig Buche, bis 2 m hoch | Geschlossen, kleine Lücken | Eiche auf Bestandeslücken am N-Rand | Eiche, Buche stark zurückbleibend. Fichtenäste bis 1 m | Erscheint am oberen Rand schlechter als unten und als I | Eiche, Buche stark zurückbleibend. Fichtenäste weit hinabreichend. |
| | Trockenästung bis 1,6 m Höhe | | Trockenästung bis 2 m Höhe | | Trockenästung bis 1,5 m Höhe | | Trockenästung bis 1,5 m Höhe | |
| | Wenig herrschende Fichten trocken | Einige herrschende Fichten trocken | Mehrere herrschende Fichten trocken | [illegible] | Wenig trockene Fichten, jedoch oft gelbe Nadeln | | | |
| im Alter 41 (1949) | Weniger Trocknis als I u. II, Eiche unter- u. zwischenständig, Buche unterständig. | Mehr trockene Fichten als in III, 1 Lücke. Eiche und Buche im Unterstand bis 2 m. | Fichte gelbe Nadeln, 2 Lücken. Weniger Eiche als in IV, bis 2 m, selten Buche. | Ähnelt sehr IV. Noch weniger, bis höchstens 2 m hohe Eichen und ganz wenig Buchen. Auf Kuppe 2 kleine Lücken, wo Eichen 4 m Höhe erreichen. Fichtenabgänge nicht so stark wie in IV, doch viele zeigen gelbe Nadeln. | Fichte oft gelbe Nadeln, wenig Trocknis, kein Laubholz. | Viele Fichten trocken oder gelbe Nadeln. Eiche z. T. vorwüchsig, Buche bis 3 m. | Trockene Fichten und welche mit gelben Nadeln. Buche höchstens 3 m hoch. Eichen überragen z. T. die Fichten. Gleichmäßig geschlossen. | Weniger trockene Fichten als in I. Eiche meist unterständig, Buche bis 2 m. |
| im Alter 45 (1953) | Fichte: N-Hälfte verlichtet. Laubholz: Unterstand z. T. mitherrschend. | Fichte: viele Lücken. | Fichte: etwas lückig, im Ost-Teil, Eiche z. T. mitherrschend. | | Fichte: Lücke im Nordosten. Laubholz-Unterstand im West-Teil. | Fichte: verlichtet. | | Fichte: verlichtet. |

Aus dem Vergleich der Durchmesserverteilungen in den 41- und 45jährigen Beständen ergab sich für Fichte und Laubholz weitgehende Übereinstimmung der Kollektive von Stichproben- und Vollaufnahmen.

Bei der *ertragskundlichen Auswertung* wurden die Zahlenwerte auf den 1,5 x 1,5 m-Verband und nicht auf den 1,3 x 1,3 m-Verband bezogen, weil der aus dem engen Quadratverband hervorgegangene Bestand keine Laubholzbeimischung aufwies und deshalb nicht voll vergleichsfähig erschien.

Die *statistische Auswertung* war dadurch erschwert, daß die Behandlungen nicht wiederholt und die Stichproben verschieden groß waren. Bei der Varianzanalyse wurden die verschiedenen Pflanzverbände als Versuchsglieder und die ertragskundlichen Aufnahmen als Wiederholungen in einem Blockversuch angeordnet. Da unter diesen Umständen eine Ergänzung fehlender Werte unzulässig erschien, konnten in die Prüfung nicht einbezogen werden: Die Ertragswerte der revierüblich durchforsteten Bestände, die einmal weniger als die übrigen aufgenommen wurden und die letzte Aufnahme, bei der nur noch die Hälfte der Parzellen erfaßt werden konnte.

Um die Abhängigkeit der Ertragswerte Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser und Massenleistung vom Pflanzverband bzw. Standraum der Fichten zu ermitteln, wurden die Korrelationskoeffizienten bestimmt. Die Berechnungen wurden lediglich für die Aufnahmeergebnisse des 41jährigen Bestandes durchgeführt, da nur bei dieser Aufnahme im Jahr 1949 die ertragskundlichen Werte für das beigemischte Laubholz ermittelt wurden.

Wegen fehlender „echter" Wiederholungen konnte nicht geprüft werden, ob die Beziehungen zwischen den Ertragsdaten und dem Pflanzverband linear sind. Die graphischen Darstellungen lassen es jedoch vermuten. Es schien deshalb zulässig zu sein, *Teilkorrelationen* zu berechnen, um dadurch den „reinen" Zusammenhang zwischen den ermittelten Ertragswerten und dem Pflanzverband bzw. Standraum der Fichten zu finden.

## 6.0 Ergebnisse

### 6.1 Stammzahl

#### 6.11 *Stammzahlentwicklung der Fichte bei verschiedenem Pflanzverband*

Die Entwicklung der Stammzahl von der Kultur bis zur letzten Aufnahme der 45jährigen Bestände ist in Abbildung 2 dargestellt.

In Abbildung 2 liegen die Stammzahlen, die bei den Aufnahmen im Alter 30 und 41 ermittelt wurden, außerhalb der Stammzahlentwicklungskurven. Das ist auf die in Abschnitt 5.0 erwähnte Art der Aufnahme zurückzuführen, die im Alter 30 eine durchschnittlich um 38 % größere und im Alter 41 eine im Durchschnitt um 34 % kleinere Zahl an Stämmen erfaßte, als sie sich durch Extrapolation aus den Stammzahlentwicklungskurven ergibt. Die Anfangspunkte dieser Kurven sind bestimmt durch den Pflanzverband bei der Kultur und die Endpunkte durch die genau ermittelten Zahlen der Stämme bei der Aufnahme des 45 Jahre alten Bestandes. Die Stammzahl des 41jährigen Bestandes konnte aus derjenigen des Alters 45 dadurch hergeleitet werden, daß die inzwischen gefällten Stämme noch am Platz ihrer Fällung lagen, so daß nicht nur deren Zahl auf jeder Parzelle, sondern auch ihr Festgehalt ermittelt werden konnte.

Die Abbildung 2 läßt ferner erkennen, daß in den ersten 23 Jahren die Fichtenstammzahl in den Quadratverbänden rascher als in den Reihenverbänden abnahm. Dagegen wurden bei den planmäßigen Durchforstungen im Alter 26 und 30 in den reihenweise begründeten Beständen prozentual mehr Stämme entnommen. Das trifft auch für die vergleichsweise Entnahme herrschender Fichten zugunsten des Laubholzes zu. Bei den späteren Trocknishieben schieden unabhängig von der Art des Pflanzverbandes und vom Standort umso mehr Fichten aus je weiter ihr ursprünglicher Standraum war.

Die Abbildung 3 zeigt, daß sich in den Reihenverbänden mehr Laubholz als in den Quadratverbänden entwickeln konnte. So hatte bei annähernd gleichem Standraum der 3 x 1 m-Verband fast den doppelten Laubholzanteil wie der 1,8 x 1,8 m-Verband. Auch im mittleren Quadratverband hielt sich die Laubholzbeimischung nur auf Lücken (Parz. V). Trotz Entnahme herrschender Fichten zugunsten des Laubholzes war dieses nach 15 Jahren in dem aus dem Quadratverband von 1,5 x 1,5 m hervorgegangenen Bestand (Parz. Va) völlig verschwunden. Im Reihenverband von 5 x 1 m (Parz. Ia) konnten sich dagegen mehr Laubholzstämme als Fichten entwickeln.

### 6.2 Höhe

#### 6.21 *Die mittlere Höhe von Fichte und Laubholz*

Die Fichtenmittelhöhen der in verschiedenem Pflanzverband begründeten Bestände lagen im Rahmen der II. Ertragsklasse (Wiedemann, 1936), wie die Abbildung 4 zeigt.

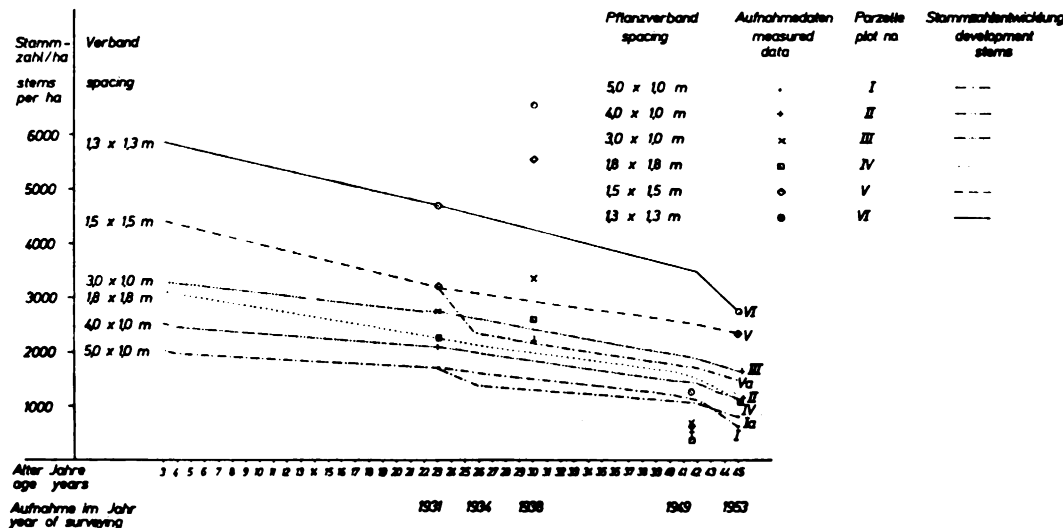



Abb. 2
Entwicklung der Stammzahl von Fichte nach den Ergebnissen der verschiedenen Aufnahmen. Werte je ha.
Fig. 2
Development of Norway spruce tree number according to the results of the different measurements. Statements per ha.

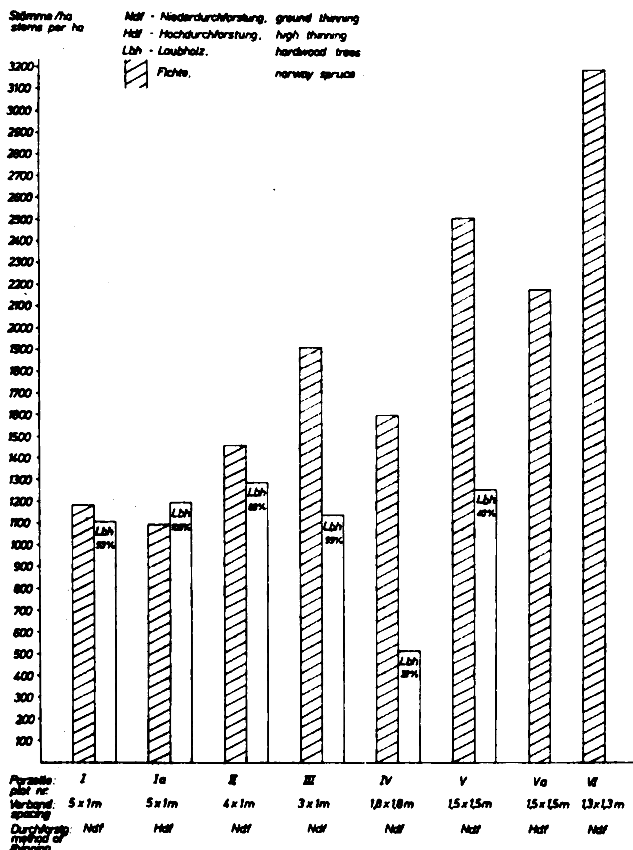



Abb. 3
Stammzahl von Fichte und Laubholz bei der Aufnahme 1949. Werte je ha.

Fig. 3
Tree number of Norway spruce and of hardwood trees at the measurement in 1949. Statements per ha.

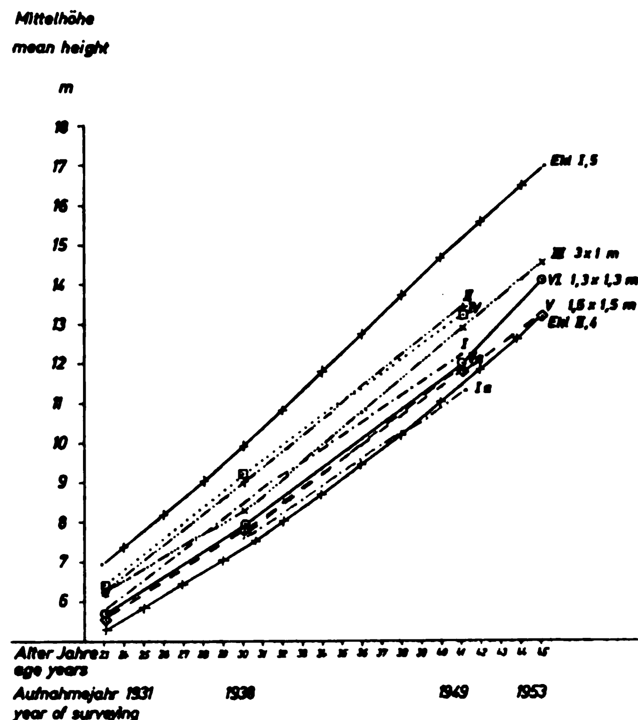



Abb. 4
Mittelhöhen der in verschiedenem Pflanzverband begründeten Fichtenbestände. Vergleich zur Ertragstafel Wiedemann, mäßige Durchforstung.

Fig. 4
Mean height growth of residual Norway spruce stands depending on age. Comparison to the yield table of Wiedemann, moderate thinning.

Nach Abbildung 4 waren die Mittelhöhen der aus den Quadratverbänden von 1,3 m und 1,5 m erwachsenen Fichtenbestände am niedrigsten, am höchsten dagegen die in den Verbänden 1,8 x 1,8 m und 4 x 1 m begründeten Bestände. Anfangs zählten zu dieser Spitzengruppe auch die im Verband 3 x 1 m gepflanzten Fichten, deren mittlere Höhe vom Alter 30 ab zurückblieb und danach trotz bester Standortverhältnisse entsprechend ihrem ursprünglichen Standraum von 3 qm zwischen den Mittelhöhen der Bestände mit größerem und kleinerem Wuchsraum verlief. Obwohl die Standortsverhältnisse auf den Parzellen mit weiten Pflanzverbänden im allgemeinen geringer als auf denjenigen mit engem Verband waren, nahmen die Mittelhöhen mit der ursprünglichen Pflanzweite zu. Abweichend von dieser Staffelung verhielt sich lediglich die Mittelhöhe des aus dem 5 x 1 m-Verband hervorgegangenen Bestandes. Hier senkte auch die Entnahme herrschender Fichten zugunsten des Laubholzes (Parz. I a) die Mittelhöhe wesentlich mehr als am stammzahlreichen Vergleichsbestand mit dem Verband 1,5 x 1,5 m (Parz. Va).

Über die Größe der Unterschiede zwischen den Mittelhöhen in den verschiedenen Altern gibt Tabelle 3 Auskunft.

Wie Tabelle 3 zeigt, sank die Höhenbonität der Fichten im Laufe der 22jährigen Beobachtungszeit durchschnittlich um eine zehntel Ertragsklasse, was auf den für Fichte ungünstigen Standort zurückzuführen ist. Nur bei der Parzelle III mit den günstigsten Standortverhältnissen war keine Bonitäts-Senkung festzustellen.

Die weitesten Abstände der Fichtenmittelhöhen betrugen nach der Ertragstafel im Alter 23 und 30 Jahre 0,5 Ertragsklasse und verringerten sich mit 41 bzw. 45 Jahren auf 0,3 Ertragsklasse.

Die Eichen waren in den 23jährigen Beständen von ursprünglich 3 - 4 qm Standraum der Fichten nur halb so hoch wie diese, erreichten aber im Alter 41 Dreiviertel der Fichtenmittelhöhen.

Die Mittelhöhenunterschiede von Eiche entsprachen nach der Aufnahme vom Jahre 1949 (Tab. 3) etwa 0,5 Bonität. Dabei senkten die niedrigen Buchen vermutlich die Mittelwerte, so daß nach der getrennten Messung vier Jahre später keine Bonitätsunterschiede mehr bestanden. Auffallend ist, daß die Eichen in den beiden Beständen, wo sie durch Aushieb herrschender Fichten begünstigt wurden (Parz. I a und Va), nach 15 Jahren ganz ausgefallen waren (Parz. Va) oder niedrigere Mittelwerte hatten als ohne Begünstigung (Parz. I a).

Die Fichten dieser im Verband von 5 x 1 m und 1,5 x 1,5 m begründeten Bestände mit späterer Laubholzbegünstigung hatten nach Tab. 3 die niedrigsten Mittelhöhen und waren den niederdurchforsteten Vergleichsbeständen verständlicherweise unterlegen. Innerhalb der normal durchforsteten Bestände vergrößerten sich die Mittelhöhenunterschiede mit steigendem Alter prozentual oder blieben annähernd gleich, obwohl sich die Unterschiede nach der Ertragstafel verringerten.

Die Prozentunterschiede der Fichtenmittelhöhen waren bei den Quadratverbänden trotz ihrer geringen Standraumunterschiede größer als bei den Reihenverbänden mit ihren stärkeren Standraumunterschieden.

Zwischen beiden Arten von Pflanzverbänden waren die Fichtenbestände mit einem anfänglichen Pflanzenstandraum von 3 - 4 qm den enger und weiter begründeten Beständen deutlich und — wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird — z. T. auch gesichert an Mittelhöhe überlegen.

Tabelle 3
**Mittlere Höhe von Fichte und Laubholz. Verbleibender Bestand in verschiedenem Alter.**
**Mean height of Norway spruce and hardwood trees, remaining stands in different ages.**

| Parzelle Nr. Plot No. | | V | Va | VI | IV | III | II | I | Ia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pflanz-Verband m Plant Spacing m | | 1,5 x 1,5 | 1,5 x 1,5 | 1,3 x 1,3 | 1,8 x 1,8 | 3 x 1 | 4 x 1 | 5 x 1 | 5 x 1 |
| Durchforstung *) Thinning | | Ndf | Hdf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Hdf |
| | | | | *Fichte* | | | | | |
| *Mittelhöhe* HL im Alter 23 (1931) | m | 5,6 | — | 5,7 | 6,4 | 5,8 | 6,3 | 5,8 | — |
| | % | 100 | — | 102 | 114 | 104 | 113 | 104 | — |
| Ertragsklasse (site class) (Wiedemann, mäß. Df.) | | II,3 | — | II,2 | I,8 | II,2 | I,8 | II,1 | — |
| *Mittelhöhe* HL im Alter 30 (1938) | m | 7,8 | 7,6 | 7,9 | 9,2 | 8,3 | 9,0 | 8,5 | 7,6 |
| | % | 100 | 97 | 101 | 118 | 106 | 115 | 109 | 97 |
| Ertragsklasse (site class) | | II,3 | II,3 | II,2 | I,8 | II,1 | I,8 | II,0 | II,3 |
| *Mittelhöhe* HL im Alter 41 (1949) | m | 11,8 | 11,9 | 12,0 | 13,2 | 12,9 | 13,4 | 12,2 | 11,3 |
| | % | 100 | 101 | 102 | 112 | 109 | 114 | 103 | 96 |
| Ertragsklasse (site class) | | II,3 | II,3 | II,3 | II,0 | II,1 | II,0 | II,2 | II,4 |
| *Mittelhöhe* HL im Alter 45 (1953) | m | 13,2 | — | 14,1 | — | 14,5 | — | — | — |
| | % | 100 | — | 107 | — | 110 | — | — | — |
| Ertragsklasse (site class) | | II,4 | — | II,2 | — | II,1 | — | — | — |
| | | | | *Eiche* | | | | | |
| *Mittelhöhe* HL im Jahr 1949 | m | 8,0 | — | — | 9,1 | 9,8 | 10,1 | 10,1 | 8,8 |
| | % | 100 | — | — | 114 | 123 | 127 | 127 | 110 |
| Ertragsklasse (site class) (Jüttner, mäß. Df.) | | III,2 | — | — | II,9 | II,7 | II,6 | II,6 | III,5 |
| *Mittelhöhe* HL im Jahr 1953 | m | 10,2 (8,5 Buche) | — | — | — | 10,3 | — | — | — |
| | % | 100 | — | — | — | 99 | — | — | — |
| Ertragsklasse (site class) | | II,5 (IV,7 Buche) | — | — | — | II,5 | — | — | — |

*) Ndf: im Beherrschten, in the lower Story
Hdf: im Herrschenden, in the upper Story

6.22 *Statistische Prüfung der Mittelhöhendifferenzen von Fichte*

Die Unterschiede der Bestandesmittelhöhen in den verschiedenen Aufnahmealtern wurden statistisch geprüft. Das Ergebnis enthält die folgende Tabelle 4.

Aus Tabelle 4 ist zu ersehen, daß die meisten Mittelhöhenunterschiede signifikant waren. Im Zufallsbereich lagen die Unterschiede der Mittelhöhen von den Beständen, die mit weniger als 2,25 qm und mehr als 3,24 qm Pflanzenstandraum begründet waren. Zwischen diesen beiden Gruppen waren alle Mittelhöhendifferenzen signifikant mit Ausnahme der Differenz zum weitesten 5 x 1 m-Verband, der sich in der Mittelhöhe nicht gesichert von allen Pflanzverbänden unter 3 qm Standraum unterschied.

Mit Ausnahme des weitesten Verbandes war demnach die Bestandesmittelhöhe auf die Wirkung des ursprünglichen Pflanzverbands zurückzuführen. Die Entnahme herrschender Fichten hat eine gesicherte Senkung der Mittelhöhe vermutlich nur in dem Bestand bewirkt, der im 5 x 1 m-Verband begründet wurde.

### 6.3 Durchmesser

6.31 *Mitteldurchmesser von Fichte und Laubholz*

Die bei den vier ertragskundlichen Aufnahmen ermittelten Durchmessermittelwerte sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Wie Tabelle 5 zeigt, waren die mittleren Durchmesser der Fichten und des dazwischen erwachsenen Laubholzes ähnlich den Mittelhöhen unabhängig von den Standortunterschieden der Parzellen um so größer, je weiter der Standraum der Fichten bei der Pflanzung war. Ausnahmen waren auch hier der weiteste Reihenverband von 5 x 1 m sowie die Vergleichsbestände mit Entnahme herrschender Fichten zugunsten des Laubholzes, in denen durch diese Maßnahme der mittlere Durchmesser der Fichten geringer, derjenige des Laubholzes größer war (Parzelle Ia und Va).

Da der Durchmesser durch Standraumunterschiede im allgemeinen stärker als die Höhe beeinflußt wird, waren auch die prozentualen Unterschiede der Mitteldurchmesser größer als diejenigen der Mittelhöhen.

Mit zunehmendem Alter verringerten sich die Durchmesserunterschiede zwischen den aus verschiedenem Pflanzverband hervorgegangenen Beständen mehr als die Höhenunterschiede.

Die beigemischten Eichen und Buchen waren nur in dem aus dem 5 x 1 m-Verband erwachsenen Bestand, in dem früher das Laubholz begünstigt wurde, im Alter 41 etwa halb so stark wie die Fichten. In allen anderen Beständen betrug der mittlere Laubholzdurchmesser weniger als die Hälfte des Fichtendurchmessers.

### 6.32 *Statistische Prüfung der Mitteldurchmesserdifferenzen von Fichte*

Die statistische Prüfung der Unterschiede der Mitteldurchmesser von Fichte in den verschiedenen Aufnahmealtern erbrachte das in Tabelle 6 enthaltene Ergebnis.

Aus Tabelle 6 geht hervor, daß sich die Pflanzverbände unter 3 qm Pflanzenstandraum untereinander nicht signifikant im mittleren Durchmesser unterschieden. Dagegen hatten die aus diesen mittleren Verbänden erwachsenen Bestände gesichert schwächere Mitteldurchmesser als diejenigen mit mehr als 3 qm Standraum. Eine Ausnahme bildete auch hier ähnlich der Mittelhöhe der im 5 x 1 m begründete Bestand, der allerdings im Mitteldurchmesser nur demjenigen mit der durchschnittlich größten Durchmesserleistung (1,8 x 1,8 m) gesichert unterlegen war. Auch der aus dem 3 x 1 m-Verband hervorgegangene Fichtenbestand unterschied sich in der Mittelhöhe signifikant von den Beständen mit engerem und weiterem Standraum, im Mitteldurchmesser dagegen nur von den weiter begründeten.

Die Entnahme herrschender Fichten hatte im Mitteldurchmesser wie in der Mittelhöhe nur beim Weitverband von 5 x 1 m, nicht dagegen beim 1,5 x 1,5 m-Verband eine vermutlich gesicherte Senkung dieser Ertragsweiser zur Folge. Die Wirkung des ursprünglichen Pflanzenstandraumes auf den durchschnittlich mittleren Durchmesser der Fichtenbestände war noch deutlicher als auf ihre Mittelhöhe: Beide waren in Pflanzverbänden über 3 qm Standraum signifikant überlegen, über 4 qm dagegen gesichert unterlegen.

Tabelle 4

**Prüfung und Mittelhöhendifferenzen von Fichte durch Varianzanalyse und Duncan-Test.**

**Mean height differences of Norway spruce stands at the age of 41 years tested by analysis of variance and test of statistical significance after Duncan.**

| Varianz<br>Variance | FG | SQ | MQ | F |
|---|---|---|---|---|
| Pflanzverbände<br>planting spaces | 5 | 385,8 | 77,2 | 13,79 ** |
| Aufnahmen<br>measurements | 2 | 13 528,1 | 6 764,1 | 1 207,88 ** |
| Fehler<br>error | 10 | 55,9 | 5,6 | |
| Gesamt<br>total | 17 | 13 969,8 | | |

| Pflanzverbände<br>planting spaces | 4 x 1 m | 3 x 1 m | 5 x 1 m | 1,3 x 1,3 m | 1,5 x 1,5 m |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Unterschied der Mittelhöhen<br>Differences of mean heights | | | |
| | m | m | m | m | m |
| 1,8 x 1,8 m | 0,0 | 0,60 * | 0,77 ** | 1,07 ** | 1,20 ** |
| 4 x 1 m | — | 0,57 * | 0,74 ** | 1,04 ** | 1,17 ** |
| 3 x 1 m | | | 0,17 | 0,47 * | 0,60 * |
| 5 x 1 m | | | | 0,30 | 0,43 |
| 1,3 x 1,3 m | | | | | 0,13 |

### 6.4 **Masse**

### 6.41 *Massenvorrat der Fichte*

Die Massenberechnung erfolgte durch Multiplikation der Stammzahl mit der Masse des Grundflächenmittelstamms, und zwar für die 23 und 30 Jahre alten Bestände nach Schaftholz, für die 41- und 45jährigen nach Derbholz. Die Berechnungsergebnisse sind in der folgenden **Tabelle 7** enthalten.

Tabelle 5

**Brusthöhen-Mitteldurchmesser des verbleibenden Bestandes von Fichte und Laubholz.**

**Diameter breast height of the residual Norway spruces and hardwood trees.**

| Parzelle Nr.<br>Plot No. | | V | Va | VI | IV | III | II | I | Ia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pflanz-Verband m<br>Plant Spacing m | | 1,5 x 1,5 | 1,5 x 1,5 | 1,3 x 1,3 | 1,8 x 1,8 | 3 x 1 | 4 x 1 | 5 x 1 | 5 x 1 |
| Durchforstung *)<br>Thinning | | Ndf | Hdf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Hdf |
| | | | | *Fichte* | | | | | |
| Mitteldurchmesser Dg<br>im Alter 23 (1931) | cm | 6,0 | — | 6,2 | 7,3 | 6,3 | 7,1 | 6,3 | — |
| | % | 100 | — | 103 | 122 | 105 | 118 | 105 | — |
| Mitteldurchmesser Dg<br>im Alter 30 (1938) | cm | 6,3 | 5,9 | 7,4 | 9,6 | 7,7 | 8,8 | 7,3 | 6,4 |
| | % | 100 | 93 | 117 | 152 | 122 | 140 | 116 | 102 |
| Mitteldurchmesser Dg<br>im Alter 41 (1949) | cm | 11,5 | 11,3 | 10,8 | 12,7 | 11,9 | 13,3 | 12,9 | 12,3 |
| | % | 100 | 98 | 94 | 110 | 103 | 116 | 112 | 107 |
| Mitteldurchmesser Dg<br>im Alter 45 (1953) | cm | 13,2 | — | 12,2 | — | 13,4 | — | — | — |
| | % | 100 | — | 92 | — | 102 | — | — | — |
| | | | | *Laubholz* | | | | | |
| Mitteldurchmesser Dg<br>im Jahr 1949 | cm | 5,2 | — | — | 4,4 | 5,5 | 5,4 | 5,9 | 6,3 |
| | % | 100 | — | — | 85 | 106 | 104 | 113 | 121 |
| Mitteldurchmesser Dg<br>im Jahr 1953 | cm | 5,5<br>(Buche 4,3) | — | — | — | 5,8 | — | — | — |
| | % | 100 | — | — | — | 105 | — | — | — |

*) Ndf: im Beherrschten, in the lower Story
Hdf: im Herrschenden, in the upper Story

Tabelle 6

**Prüfung der Mitteldurchmesserdifferenzen von Fichte durch Varianzanalyse und Duncan-Test.**

**Mean Dbh-differences of Norway Spruce stands at the age of 41 years testet by analysis of variance and test of statistical significance after Duncan.**

| Varianz Variance | FG | SQ | MQ | F |
|---|---|---|---|---|
| Pflanzverbände planting spaces | 5 | 964,4 | 192,9 | 6,12 * |
| Aufnahmen measurements | 2 | 10 486,7 | 5 243,4 | 166,30 ** |
| Fehler error | 10 | 315,3 | 31,5 | |
| Gesamt total | 17 | 11 766,4 | | |

| Pflanzverbände planting spaces | 4 x 1 m | 5 x 1 m | 3 x 1 m | 1,3 x 1,3 m | 1,5 x 1,5 m |
|---|---|---|---|---|---|
| | Unterschied der Mitteldurchmesser Differences of mean Dbh-differences | | | | |
| | cm | cm | cm | cm | cm |
| 1.8 x 1,8 m | 0,14 | 1,04 * | 1,24 * | 1,74 ** | 1,94 ** |
| 4 x 1 m | | 1,06 | 1,10 * | 1,60 ** | 1,80 ** |
| 5 x 1 m | | | 0,20 | 0,70 | 0,90 |
| 3 x 1 m | | | | 0,50 | 0,70 |
| 1,3 x 1,3 m | | | | | 0,20 |

Nach den Angaben über die Masse des verbleibenden Bestandes in Tabelle 7 waren in den 30 Jahre alten Fichtenbeständen — wie es WIEDEMANN schon für die 23jährigen festgestellt hatte[1]) — die Quadratverbände den Reihenverbänden an Masse überlegen. Ebenso bestätigte sich, daß die Steigerung des Reihenabstandes über 4 m mit einer erheblichen Verminderung der Massenleistung verbunden war. Im Vergleich zu dem im 1,5 x 1,5 m-Verband begründeten Bestand, der wegen seiner ungleichmäßigen Bestockung den geringsten Derbholzvorrat aller Quadratverbände aufweist, war der Vorrat des im 5 x 1 m-Verband erwachsenen Fichtenbestandes im Alter 30 um die Hälfte und 11 Jahre später um ein Drittel kleiner. Auch die anderen Reihenverbände erreichten nur im Dickungsalter die Masse des Quadratverbandes mit dem geringsten Vorrat. Bei annähernd gleichem Standraum von 3 qm war der Quadratverband während der ganzen Beobachtungszeit dem Reihenverband an Masse überlegen, bis im Stangenholzalter ein Ausgleich durch das Laubholz erfolgte. Dasselbe war in den 45jährigen Beständen zu beobachten, die aus den Verbänden 1,5 x 1,5 m und 3 x 1 m erwachsen waren. Dagegen hielt der aus dem 1,3 x 1,3 m-Verband hervorgegangene Reinbestand seine Überlegenheit im Massenvorrat bis zum Schluß der Beobachtung.

Nach der Entnahme herrschender Fichten zugunsten des Laubholzes bei der Läuterung und ersten Durchforstung war der Vorrat beim 5 x 1 m-Verband annähernd ein Viertel und beim 1,5 x 1,5 m-Verband ein Drittel kleiner als derjenige der normal behandelten Vergleichsbestände mit gleichem Verband. Dieses Defizit war nach der Aufnahme der 41jährigen Bestände beim Weitverband durch die Laubholzmasse, beim Engverband durch die höhere Fichtenmasse etwas geringer.

### 6.42 *Die Laubholzmasse*

Die Derbholzmasse des beigemischten Laubholzes war, wie Tabelle 7 zeigt, nach der Aufnahme im Alter 41, gemessen am Vorrat der Fichte, äußerst gering, vergrößerte sich aber schon innerhalb von 4 Jahren durch Einwachsen der Stämme in Derbholzstärke. Im Gegensatz zur Fichte war der Massenvorrat an Laubholz in den Reihenverbänden größer als in den Quadratverbänden. Besonders auffallend ist der Unterschied zwischen beiden Arten von Pflanzverbänden in den Beständen mit ursprünglich etwa gleichem

[1]) Massenberechnung nach $\frac{g \times h}{2}$

Tabelle 7

**Masse des verbleibenden Bestandes je ha.**

**Volume of the main crop per ha.**

| Parzelle Nr. Plot No. | | V | Va | VI | IV | III | II | I | Ia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pflanz-Verband m Plant Spacing m | | 1,5 x 1,5 | 1,5 x 1,5 | 1,3 x 1,3 | 1,8 x 1,8 | 3 x 1 | 4 x 1 | 5 x 1 | 5 x 1 |
| Durchforstung *) Thinning | | Ndf | Hdf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Hdf |
| *Alter 23* | | | | | | | | | |
| Fichte Schaftholz V | fm | 30,6 | — | 49,2 | 36,2 | 30,2 | 31,7 | 18,4 | — |
| | % | 100 | — | 161 | 118 | 99 | 104 | 61 | — |
| *Alter 30* | | | | | | | | | |
| Fichte Schaftholz V | fm | 55,4 | 36,6 | 84,0 | 71,8 | 54,3 | 56,2 | 28,1 | 21,7 |
| | % | 100 | 66 | 152 | 130 | 98 | 101 | 51 | 39 |
| *Alter 41* | | | | | | | | | |
| Fichte Derbholz V7 | fm | 150,5 | 120,3 | 184,6 | 134,9 | 130,9 | 136,6 | 95,7 | 71,9 |
| | % | 100 | 84 | 120 | 90 | 87 | 92 | 64 | 51 |
| Laubholz Derbholz V7 haard wood V7 | fm | 2,2 | — | — | 0,2 | 4,2 | 3,8 | 7,4 | 3,1 |
| *Alter 45* | | | | | | | | | |
| Fichte Derbholz V7 | fm | 176,9 | — | 225,9 | — | 171,5 | — | — | — |
| | % | 100 | — | 128 | — | 97 | — | — | — |
| Eiche Oak V7 | fm | 4,8 | — | 13,4 | — | — | — | — | — |
| Buche Beach V7 | fm | 0,1 | | | | | | | |

*) Ndf: im Beherrschten, in the lower Story
Hdf: im Herrschenden, in the upper Story

Standraum der Fichten. Der 3 x 1 m-Verband hatte in den 41jährigen Fichtenbeständen das Zwanzigfache an Laubholz als der 1,8 x 1,8 m-Verband, was sowohl mit den besseren Standortverhältnissen als auch mit der geringeren Konkurrenzwirkung der Fichte im Reihenverband zu erklären ist. Daß von den Quadratverbänden nicht der 1,8 x 1,8 m-, sondern der 1,5 x 1,5 m-Verband den größeren Laubholzanteil hatte, ist darauf zurückzuführen, daß auf dem geringen Standort der Parzelle mit dem engeren Verband sich an den Stellen, wo Fichten durch Trocknis ausfielen, Laubholzgruppen entwickeln konnten. Die Buche konnte sich weder im Dichtbestand des 1,3 m-Quadratverbandes noch gegen die Eichenkonkurrenz des 3 x 1 m-Reihenverbandes behaupten und hielt sich nur in den Laubholzgruppen des im 1,5 x 1,5 m erwachsenen Bestandes.

Auffallend ist, daß die zugunsten des Laubholzes durchforsteten Bestände weniger Masse an beigemischtem Laubholz hatten als die Fichtenbestände ohne Laubholzbegünstigung.

6.43 *Fichtenreinbestand und Mischbestände*

Trotz des ziemlich trockenen Standortes setzte sich in der Kultur die Fichte gegenüber dem Laubholzstockausschlag vermutlich ohne Pflege durch. In der Dickung war nach vorhandenen Bestandesfotos das Laubholz in den Quadratverbänden von 1,3 x 1,3 m und 1,5 x 1,5 m unterdrückt und bereits mehr oder weniger trocken, während sich im 1,8 x 1,8 m-Verband ein mattwüchsiger Laubholzunterstand hielt. In allen Reihenverbänden waren dagegen die Eichen in den Zwischenstand und im 5 x 1 m-Verband sogar in die herrschende Kronenschicht der Fichten eingedrungen.

Die Laubholzbegünstigung während der Dickungsphase hatte im 5 x 1 m-Reihenverband zur Folge, daß gegenüber dem normal behandelten Bestand die Stammzahl des Laubholzes zwar etwas erhöht, seine Massenleistung dagegen durch niedrigere Höhen gesenkt wurde. Im 1,5 x 1,5 m-Verband verschwand trotz der Begünstigung die Laubholzbeimischung bis auf geringe Reste.

Durch den im Stangenholzalter beginnenden Ausfall herrschender Fichten drangen die Eichen auch in den mit Quadratverbänden begründeten Beständen auf Lücken ins Herrschende ein, während sie in den Reihenverbänden der Fichte z. T. vorwüchsig wurden.

Am Ende der Versuchsbeobachtung ergab der Vergleich der 45-jährigen Bestände mit der II. Ertragsklasse der Fichtenertragstafel für mäßige Durchforstung (Wiedemann 1936):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Parzelle | | VI | V | III |
| Verband | | 1,3 x 1,3 m | 1,5 x 1,5 m | 3 x 1 m |
| *Alter 45* | | | | |
| Fichte II. Ertragsklasse | fm | 255 | 255 | 255 |
| Fichte ohne Laubholz | fm | 226 | 177 | 172 |
| | % | 89 | 69 | 67 |
| Fichte mit Laubholz | fm | 226 | 182 | 185 |
| | % | 89 | 71 | 73 |

Nur der im engsten Verband erwachsene Bestand erreichte mit seinem Vorrat annähernd den Ertragstafelwert. Sein Derbholzvorrat war fast um ein Viertel größer als in den Beständen, die einen Laubholzanteil von 3 % bzw. 7 % hatten.

6.44 *Durchforstungen*

Da Dichtbestand und Dorngestrüpp die Läuterung nur in den reihenweise begründeten, 26jährigen Beständen zuließen, ist anzunehmen, daß alle Versuchsflächen damals von der Axt noch unberührt waren. Der seitdem registrierte ausscheidende Bestand ist in Tabelle 8 aufgeführt.

Aus der Tabelle 8 geht hervor, daß bei der Läuterung im Alter 26 nur in den Beständen Derbholz anfiel, wo vergleichsweise herrschende Fichten zugunsten des Laubholzes entnommen wurden (damals revierübliche „Adenauer"-Durchforstung). Um die von Fichten im 1,5 x 1,5 m-Verband überwachsenen Eichen (siehe Tab. 2) zu fördern, wurden durchschnittlich höhere und stärkere Stämme entfernt als in dem 5 x 1 m begründeten Bestand, wo die Eichen zum Teil schon vorwüchsig waren. Deshalb war hier der Durchforstungsanfall nach Stammzahl und Masse absolut geringer, im Vergleich zum Vorrat jedoch größer.

Bei der normalen Läuterung fielen in den weiten Reihenverbänden durchschnittlich höhere und stärkere aber weniger Fichten an als im Engverband, wo infolge der größeren Zahl ausscheidender Stämme auch der Massenanfall am höchsten war. Gemessen an der Ausgangsstammzahl wurden in den 3 reihenweise begründeten Beständen gleichviel (7 %) Fichten entnommen.

Im Alter 30 wurde in die Bestände aus Reihenverbänden zum zweiten Mal und in diejenigen aus Quadratverbänden erstmals eingegriffen. Dennoch schied wiederum bei normaler Niederdurchforstung in beiden Verbandsarten fast die gleiche Zahl an Stämmen (22 % - 26 %) prozentual zur Ausgangsstammzahl aus, absolut aber in den engen Verbänden wesentlich mehr als in den weiten. Ausnahmen waren der relativ große Durchforstungsanfall durch mehr trockene und kranke Fichten beim 1,8 x 1,8 m-Verband und der verhältnismäßig geringe Anfall beim 1,5 x 1,5 m- und 5 x 1 m-Verband, der als einziger keine Trocknis aufwies. Ohne Berücksichtigung dieser Ausnahmefälle waren auch die Mittelwerte an Höhe und Durchmesser der ausscheidenden Fichten um so größer und ihre Masse wegen der kleinen Stammzahl um so geringer je weiter der ursprüngliche Standraum der Fichten war.

Die vergleichsweise Entnahme herrschender Fichten zugunsten des Laubholzes erbrachte im Alter 30 ebenso wie 4 Jahre zuvor in dem aus dem 1,5 x 1,5 m-Verband erwachsenen Bestand einen höheren Durchforstungsanfall als in dem aus dem 5 x 1 m-Verband hervorgegangenen.

In den 41jährigen Beständen wurden vorwiegend trockene und absterbende Fichten zum Aushieb bestimmt und im folgenden Jahr eingeschlagen. Die Höhe des Anfalls ist weniger auf den Pflanzverband als auf den Standort und die damit verbundenen Schäden zurückzuführen.

Angesichts der zur Trocknis neigenden Fichten und der langen Aufnahmepause von 11 Jahren ist kaum anzunehmen, daß alle ausscheidenden Fichten registriert wurden. Dennoch können die dadurch möglicherweise verursachten Fehler nur gering sein, wie die niedrigen Vornutzungsprozente in Tabelle 8 zeigen. Mit durchschnittlich 10 % bei normaler und 17 % bzw. 23 % bei revierüblicher Durchforstung sind die Durchforstungseingriffe als schwach und mäßig zu bezeichnen, wie das Derbholzvornutzungsprozent von 5 % - 7 % im Alter 45 bestätigt.

6.45 *Gesamtwuchsleistung*

Die Gesamtleistung an Derbholz ist für die letzte Aufnahme aller Fichtenbestände und die vier Jahre später noch geschlossenen Bestände in Tabelle 9 aufgeführt.

Wie aus Tabelle 9 hervorgeht, war die Gesamtleistung an Derbholz der 41jährigen Fichtenbestände nur bei den früheren Quadratverbänden 1,3 x 1,3 m und 1,5 x 1,5 m den aus Reihenverbänden entstandenen überlegen. Dagegen hatte der im 1,8 x 1,8 m-Verband begründete Bestand etwa die gleiche Massenleistung wie der im 3 x 1 m-Verband (einschließlich Laubholz) und der im 4 x 1 m-Verband erwachsene Bestand (ohne Laubholz). Beim 5 x 1 m-Verband war die Laubholzmassenleistung nicht einmal doppelt so groß wie in den Reihenverbänden mit engem Reihenabstand, so daß die äußerst geringe Massenleistung an Fichte in keiner Weise durch die des Laubholzes ausgeglichen wurde. Wenn auch in den 45jährigen Beständen ein durch das Einwachsen der Laubbäume in Derbholzstärke bedingter, mit dem Alter beschleunigter stärke-

**Tabelle 8**
**Ausscheidender Bestand von Fichte. Werte je ha.**
**Thinnings of Norway Spruce per ha.**

| Parzelle Nr. / Plot No. | | V | Va | VI | IV | III | II | I | Ia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pflanz-Verband m / Plant Spacing m | | 1,5 x 1,5 | 1,5 x 1,5 | 1,3 x 1,3 | 1,8 x 1,8 | 3 x 1 | 4 x 1 | 5 x 1 | 5 x 1 |
| Durchforstung *) / Thinning | | Ndf | Hdf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Hdf |
| | | | | | *1934 im Alter 26* | | | | |
| Stammzahl N | | — | 160 | — | — | 250 | 170 | 135 | 190 |
| in Prozent zur Ausgangsstammzahl | % | — | 3 | — | — | 7 | 7 | 7 | 10 |
| Mittelhöhe HL | m | — | 8,8 | — | — | 4,8 | 5,1 | 5,2 | 7,7 |
| mittl. Durchmesser Dg | cm | — | 10,8 | — | — | 4,6 | 4,8 | 5,1 | 7,7 |
| Schaftholz V | fm | — | 6,9 | — | — | 1,3 | 1,0 | 0,9 | 6,0 |
| Derbholz V7 | fm | — | 5,6 | — | — | — | — | — | 3,2 |
| | | | | | *1938 im Alter 30* | | | | |
| Stammzahl N | | 650**) | 290 | 977**) | 650**) | 530*) | 480 | 160 | 160 |
| in Prozent zur Gesamtstammzahl | % | 22 | 12 | 23 | 32 | 22 | 26 | 13 | 27 |
| Mittelhöhe HL | m | 6,0 | 7,8 | 6,3 | 7,0 | 6,4 | 6,9 | 5,7 | 8,7 |
| mittl. Durchmesser Dg | cm | 5,0 | 7,7 | 4,9 | 6,5 | 6,2 | 6,6 | 5,4 | 9,1 |
| Schaftholz V | fm | 4,9 | 6,1 | 7,5 | 9,1 | 6,1 | 6,8 | 1,3 | 5,0 |
| Derbholz V7 | fm | 0,3 | 1,2 | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 0,5 | 2,2 |
| | | | | | *1949/50 im Alter 41/42* | | | | |
| Stammzahl N | | 685 | 770 | 428 | 515 | 250 | 295 | 520 | 230 |
| in Prozent zur Gesamtstammzahl | % | 25 | 44 | 12 | 30 | 16 | 20 | 45 | 21 |
| Derbholz V7 | fm | 11,0 | 21,9 | 9,5 | 35,0 | 10,0 | 17,7 | 22,0 | 5,3 |
| | | | | | *1934 - 1953 im Alter 26 - 45* | | | | |
| Stammzahl N | | 1335 | 1220 | 1405 | 1165 | 1030 | 945 | 815 | 580 |
| in Prozent zur Ausgangsstammzahl | % | 30 | 28 | 24 | 38 | 32 | 38 | 41 | 29 |
| Derbholz V7 | fm | 11,3 | 27,7 | 10,5 | 36,3 | 11,7 | 19,8 | 22,5 | 10,7 |
| Vornutzungsprozent | % | 6 | | 5 | | 7 | | | |

*) wenige trockene Stämme
**) mehrere trockene oder kranke Stämme

*) Ndf: im Beherrschten, in the lower Story
Hdf: im Herrschenden, in the upper Story

rer Derbholzzuwachs erkennbar ist, so zeigt doch die unverändert hohe Überlegenheit des aus dem 1,3 x 1,3 m-Verband hervorgegangenen Reinbestandes, daß ein Ausgleich durch eine höhere Laubholzmassenleistung erst zu einem viel späteren Zeitpunkt anzunehmen ist. Wie die 45jährigen Bestände in Tabelle 9 zeigen, glich sich auch die Fichtenleistung der in so verschiedenem Verband wie 1,5 x 1,5 m und 3 x 1 m begründeten Fichtenbestände mit fortschreitendem Alter aus. Ein weiterer, wenn auch geringer Ausgleich erfolgte durch die Massenleistung des Laubholzes.

### 6.46 *Statistische Prüfung der Unterschiede in der Gesamtwuchsleistung von Fichte*

Um die Differenzen der Gesamtwuchsleistung zwischen den in verschiedenem Pflanzverband begründeten Fichtenbeständen mittels Varianzanalyse zu prüfen, wurden die Massenleistungen in den Bestandesaltern 23, 30 und 41 Jahre als Wiederholungen behandelt. Die Leistung der 41jährigen Bestände wurde deshalb in Schaftholz umgerechnet. Das Ergebnis der Berechnungen ist aus der folgenden Tabelle 10 zu ersehen.

Aus Tabelle 10 geht hervor, daß sich gesicherte Unterschiede in der durchschnittlichen Gesamtwuchsleistung an Schaftholz einerseits für den Bestand mit dem engsten Verband, andererseits für den mit dem weitesten Pflanzverband und allen anderen Verbänden ergaben. Der im 5 x 1 m-Verband begründete Fichtenbestand war den aus engeren Reihenverbänden erwachsenen Beständen signifikant, den aus Quadratverbänden hervorgegangenen Fichtenbeständen sogar hochsignifikant unterlegen.

Im Gegensatz zur Mittelhöhe und zum mittleren Durchmesser, bei denen alle Pflanzverbände mit einem Standraum von 3 qm und weniger den weiteren Verbänden gesichert unterlegen waren, bestanden in der Gesamtwuchsleistung signifikante Unterschiede nur zwischen dem weitesten und dem engsten Pflanzverband.

Auch für die Entnahme herrschender Fichten zugunsten des Laubholzes ergab sich ein als signifikant vermutetes Defizit nicht wie bei der Mittelhöhe und dem mittleren Durchmesser für den 5 x 1 m-Verband, sondern bei der Gesamtwuchsleistung für den 1,5 x 1,5 m-Verband.

## 6.5 Der Einfluß des Pflanzverbandes auf die Ertragsleistung der Fichte

### 6.51 *Die Abhängigkeit der Mittelhöhe, des mittleren Durchmessers und der Gesamtwuchsleistung vom Pflanzverband der Fichte*

Wie die mittlere Höhe, der Mitteldurchmesser und die Gesamtwuchsleistung vom Pflanzverband bzw. dem Standraum der Fichten

**Tabelle 9**
**Gesamtwuchsleistung an Derbholz. Werte je ha.**
**Total crop yield per ha.**

| Parzelle Nr. Plot No. | | V | Va | VI | IV | III | II | I | Ia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pflanz-Verband m Plant Spacing m | | 1,5 x 1,5 | 1,5 x 1,5 | 1,3 x 1,3 | 1,8 x 1,8 | 3 x 1 | 4 x 1 | 5 x 1 | 5 x 1 |
| Durchforstung *) Thinning | | Ndf | Hdf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Ndf | Hdf |
| | | | | *im Alter 41* | | | | | |
| Fichte Derbholz V7 | fm | 151,3 | 127,1 | 184,9 | 136,2 | 132,6 | 138,6 | 96,2 | 77,2 |
| | % | 100 | 84 | 120 | 90 | 87 | 92 | 64 | 51 |
| Laubholz Derbholz V7 haard wood | fm | 2,2 | — | — | 0,2 | 4,2 | 3,8 | 7,4 | 3,1 |
| insgesamt, total | fm | 153,5 | 127,1 | 184,9 | 136,4 | 136,8 | 142,4 | 103,6 | 80,3 |
| | % | 100 | 83 | 120 | 89 | 89 | 93 | 67 | 52 |
| | | | | *im Alter 45* | | | | | |
| Fichte Derbholz V7 | fm | 189,2 | — | 235,7 | — | 183,2 | — | — | — |
| | % | 100 | — | 125 | — | 97 | — | — | — |
| Eiche Oak V7 | fm | 4,8 | — | — | — | 13,4 | — | — | — |
| Buche Beach V7 | fm | 0,1 | — | — | — | — | — | — | — |
| insgesamt, total | fm | 194,1 | | 235,7 | | 196,6 | | | |
| | % | 100 | | 121 | | 101 | | | |

*) Ndf: im Beherrschten, in the lower Story
Hdf: im Herrschenden, in the upper Story

Tabelle 10
**Prüfung der Unterschiede in der Gesamtwuchsleistung an Schaftholz durch Varianzanalyse und Duncan-Test.**
**Differences of total crop yield of stem wood tested by variance analysis and test of statistical significance after Duncan.**

| Varianz Variance | FG | SQ | MQ | F |
|---|---|---|---|---|
| Pflanzverbände planting spaces | 5 | 5.749,00 | 1.149,80 | 7,14 ** |
| Aufnahmen measurements | 2 | 50.350,95 | 25.175,48 | 156,42 ** |
| Fehler error | 10 | 1.609,52 | 160,95 | |
| Gesamt total | 17 | 57.709,47 | | |

| Pflanzverbände planting spaces | 1,5 x 1,5 m | 1,8 x 1,8 m | 4 x 1 m | 3 x 1 m | 5 x 1 m |
|---|---|---|---|---|---|
| | Unterschiede der Gesamtwuchsleistung an Schaftholz Differences of the total crop yield of steam wood | | | | |
| | fm | fm | fm | fm | fm |
| 1,3 x 1,3 m | 24,1 * | 24,2 * | 31,4 * | 30,9 * | 60,9 ** |
| 1,5 x 1,5 m | | 0,1 | 7,3 | 6,8 | 36,8 ** |
| 1,8 x 1,8 m | | | 7,4 | 6,7 | 36,7 ** |
| 4 x 1 m | | | | 0,5 | 29,5 * |
| 3 x 1 m | | | | | 30,0 * |

bei der Kultur abhängen, ist für die verschiedenen Bestandesalter in Abbildung 5 dargestellt.

Die Abbildung 5 zeigt, daß die Mittelhöhe und der mittlere Durchmesser der Fichtenbestände, abgesehen von den extremen Verbänden 1,3 x 1,3 m und 5 x 1 m, um so größer waren, je weiter der Pflanzverband der Fichten war. Dagegen ist die Korrelation zwischen Massenleistung und Verband negativ, weil die Leistung um so kleiner war, je weiter die Fichten bei der Kultur gepflanzt wurden. Dadurch daß auch später in die Bestände mit größerem Standraum prozentual zur Ausgangsstammzahl stärker eingegriffen wurde als in die enger gepflanzten, war die Stammzahlabnahme während der gesamten Beobachtungszeit annähernd linear.

Im Gegensatz zur negativen Korrelation zwischen Pflanzweite und Gesamtwuchsleistung der Fichte war die Laubholzmassenleistung um so größer je weiter der ursprüngliche Fichtenstandraum war, weil sich in den weiteren Pflanzverbänden mehr Eichen aus Naturverjüngung entwickeln konnten als in den engeren Fichtenpflanzverbänden. Mit zunehmender Laubholzdichte wurde die Ertragsleistung der Fichte gehemmt, so daß der 1,3 x 1,3 m-Verband ohne Laubholzbeimischung eine verhältnismäßig zu hohe Fichtenmassenleistung und der 5 x 1 m-Verband mit fast so viel Laubbäumen wie Fichten eine relativ geringe Massenleistung an Fichten hatte.

Daneben beeinflußte der Standort die Ertragsleistung einmal direkt dadurch, daß auf trockenen Parzellen wie in dem aus dem 5 x 1 m-Verband hervorgegangenen Bestand die Höhen und Durchmesser der Fichten im Vergleich zur weniger trockenheitsempfindlichen Eiche der gleichen Versuchsparzelle und den Fichten auf den besser wasserversorgten Parzellen geringer waren. Andererseits bestand ein indirekter Einfluß der Standortsverhältnisse insofern als auf dem Trockenstandort der Parzelle V zwischen den mit 5 m Abstand hangabwärts verlaufenden Reihen die Verdunstung erhöht und die Leistung der Fichten zusätzlich verringert wurde. Die Trockenheit des Standorts wirkte sich — wie die Abbildung 5 zeigt — mit Ausnahme des 5 x 1 m-Verbandes mehr auf die Ertragsleistung des Laubholzes als auf diejenige der Fichte aus.

Auf den günstigeren Standorten wie z. B. auf der im 3 x 1 m-Verband bepflanzten Parzelle III kam die bessere Wasserversorgung anscheinend zunächst dem Laubholz und erst bei optimalen Konkurrenzverhältnissen in den Quadratverbänden auch der Fichte zugute. Ein Beispiel dafür ist die benachbarte Parzelle IV (1,8 x 1,8 m) mit annähernd gleichem Standraum und Standort, der aber durch den Quadratverband besser als durch den Reihenver-

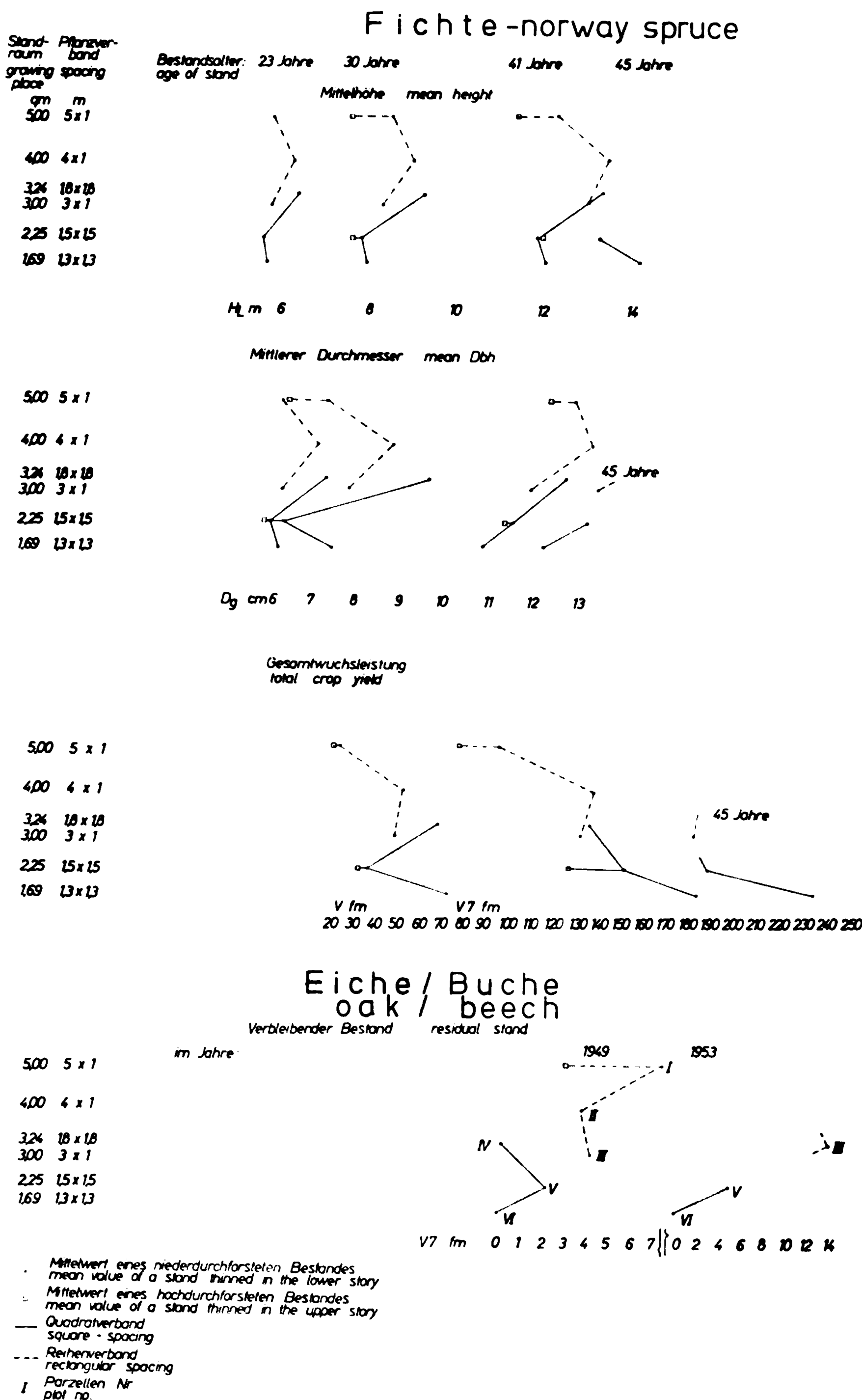



Abb. 5
Die Abhängigkeit der Mittelhöhe, des mittleren Durchmessers und der Gesamtwuchsleistung vom Pflanzverband der Fichte in verschiedenem Alter.

Fig. 5
The dependence of mean height, mean diameter and total crop yield on plant spacing of Norway spruce in different ages.

band von der Fichte ausgenutzt wurde. Hier wie bei allen quadratischen Fichtenpflanzverbänden war deshalb die Laubholzkonkurrenz geringer und die Fichtenleistung größer als in den Reihenverbänden.

### 6.52 *Statistische Berechnung des Abhängigkeitsgrads der Ertragsleistung vom Fichtenpflanzverband*

Um festzustellen, wie stark die Ertragsleistung vom Fichtenpflanzverband abhängt, wurden die Korrelationskoeffizienten berechnet. Die Zusammenhänge mit dem beigemischten Laubholz wurden durch Berechnung der partiellen Korrelationen bestimmt. Der Einfluß des Standortes konnte rechnerisch nicht ausgeschaltet werden, da Wiederholungen der Pflanzverbände fehlten und die Standortverhältnisse auch innerhalb der Parzellen wechselten, so daß keine Mehrfachkorrelationen errechnet werden konnten. Das Ergebnis der Korrelationsrechnungen ist in Abbildung 6 dargestellt.

Aus Abbildung 6 sind die Korrelationskoeffizienten sowie die Teilkorrelationskoeffizienten (rp) für die durch Linien verbundenen Ertragsmerkmale zu ersehen. Das bei der partiellen Korrelation ausgeschaltete Merkmal ist in Abbildung 6 auf der gegenüberliegenden Seite der verglichenen Ertragsmerkmale zu suchen. So wird z. B. bei der Teilkorrelation zwischen Fichtenpflanzverband und Fichtenmassenleistung der Einfluß der Laubholzstärke, -höhe und Massenleistung ausgeschaltet. Bei den partiellen Korrelationen zwischen den Ertragsdaten der beiden Holzarten findet dagegen eine Ausschaltung der Wirkung des Fichtenpflanzverbandes statt.

Abbildung 6 zeigt, daß nur die Stärke der Fichten und die Massenleistung des Laubholzes signifikant vom Fichtenpflanzver-

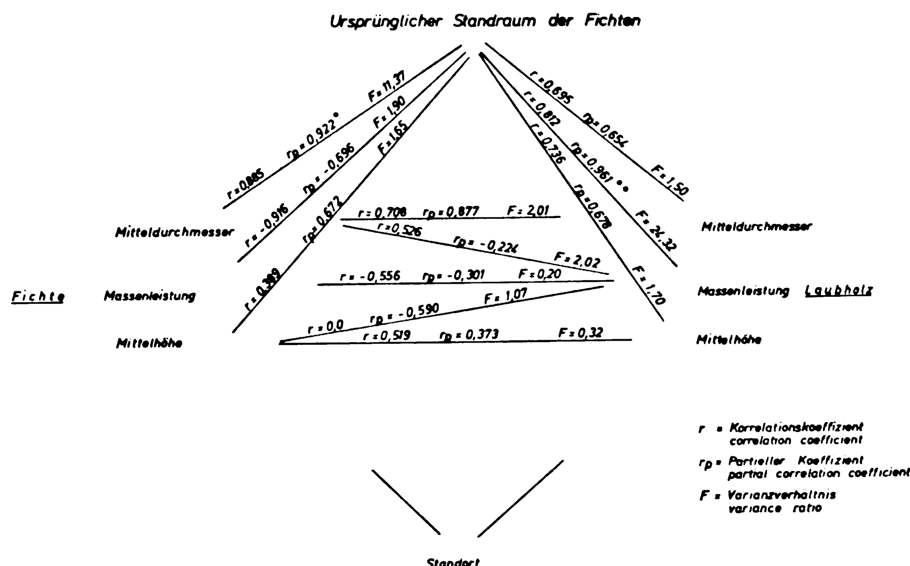



Abb. 6
Korrelations- und partielle Korrelationskoeffizienten sowie statistische Prüfung der Beziehungen zwischen den Ertragswerten der 41jährigen Bestände.

Fig. 6
Coeffizients of correlation and partial correlation of the yield date in the 41 years old stands.

band abhängen. Doch ist die zuletzt genannte Teilkorrelation nur gesichert bei Ausschaltung des Einflusses der Fichtenmittelhöhe, wie die folgende Übersicht zeigt:

Partielle Korrelationskoeffizienten zwischen Fichtenverband und Laubholz-GWL:

| bei Ausschaltung | ist der partielle Korrelationskoeffizient | F-Wert |
|---|---|---|
| von Fichtenmittelhöhe | 0,961 | 24,32 |
| Fichtendurchmesser | 0,874 | 6,47 |
| Fichten-GWL | 0,862 | 4,40 |

Da die Überschreitungswahrscheinlichkeit für alle Teilkorrelationen (auch für diejenigen der anderen Ertragsmerkmale) bei P 5 % = 6,94 und P 1 % = 18,00 beträgt, ist nur die der Gesamtwuchsleistung des Laubholzes hoch signifikant vom ursprünglichen Standraum der Fichte abhängig.

Die Beziehungen zwischen Durchmesser bzw. Höhe der Fichten und ihrem ursprünglichen Pflanzverband sind nach Abb. 6 ähnlich korreliert wie die Abhängigkeit dieser massebildenden Faktoren beim Laubholz. Daß die Teilkorrelationen zwischen Höhe und Pflanzverband der Fichte sowie zwischen Fichtenhöhe und Laubholzmasse einen wesentlich höheren Wert als die entsprechenden nicht bereinigten Korrelationen haben, dürfte auf den unbekannten Einfluß des Standorts zurückzuführen sein.

Gegenüber den Teilkorrelationen zwischen Fichtenpflanzverband und den meisten Ertragsmerkmalen von Laub- und Nadelholz sind die partiellen Korrelationen zwischen diesen Merkmalen verhältnismäßig gering, was darauf schließen läßt, daß die Ertragsleistung beider Holzarten in erster Linie vom Pflanzverband der Fichte abhing.

Verhältnismäßig straff ist dagegen die Beziehung zwischen dem Durchmesser der Fichte und demjenigen des Laubholzes auch bei Ausschaltung des Pflanzverbandes. Da der Verband den Durchmesser der Fichte signifikant, denjenigen des Laubholzes jedoch relativ weniger beeinflußte, scheint sich hier der starke Einfluß des Verbandes weniger direkt als indirekt über die Stärke des Fichtenbestandes auf die Durchmesserhaltung des Laubholzes ausgewirkt zu haben.

Daß der Fichtenpflanzverband die Ertragsmerkmale der Fichtenbestände und die des beigemischten Laubholzes 40 Jahre nach der Kultur noch z. T. signifikant beeinflußte, ist vermutlich auch auf die schwachen Durchforstungseingriffe zurückzuführen.

### 6.6 Wertleistung

Da lediglich für die letzte Aufnahme im Jahre 1953 vollständige Durchmesserverteilungen vorliegen, wurde die Wertleistung nur für die drei 45jährigen Bestände berechnet, die zu diesem Zeitpunkt noch annähernd vollbestockt waren. Um das Berechnungsergebnis nicht durch lückenhafte Bestockung zu verzerren, wurden die Berechnungen nur für die vollbestockten Teilflächen der Parzellen durchgeführt.

Für die Zuteilung zu den verschiedenen Langholzklassen wurde der Brusthöhendurchmesser mittels der Ausbauchungsreihen (Mitscherlich, 1939) auf den Durchmesser der Stammitte umgerechnet. Die Differenz zur Langholzmitte wurde gleich dem Abzug für Rinde gesetzt. Von Vorratsfestmetern wurde bei Sortimenten mit Rinde 10 % Ernteverlust, bei solchen ohne Rinde 20 % Rinden- und Ernteverlust abgezogen, um Erntefestmeter zu erhalten.

Da die Durchmesserverteilung der Vornutzungen unbekannt, ihre Masse aber vermutlich gering ist, wurden die Vornutzungsmassen als Schichtholz berechnet. Der Wert der Gesamtwuchsleistung an Derbholz ist den zu ihrer Gewinnung aufgewandten Kosten in Tabelle 11 gegenübergestellt.

Nach Tabelle 11 liegt der Schwerpunkt der Massenleistung im Bestand mit dem ursprünglich engsten Pflanzverband um eine Grubenholzklasse niedriger als in den weiter begründeten Fichtenbeständen. Dieser Unterschied wirkt sich jedoch nicht nur auf den Roherlös aus, da beide Klassen mit den gleichen Preisen bewertet und den gleichen Werbungskosten belastet wurden[1]). Die Überlegenheit des 1,3 m-Quadratverbandes in der Wertleistung, die trotz höherer Kulturkosten größer als der Vorsprung in der Massenleistung war, ist auf die höhere Stammzahl zurückzuführen. Daß der 1,5 x 1,5 m-Verband gegenüber dem 3 x 1 m-Reihenverband unterlegen war, ist eine Folge des im Quadratverband geringeren Anteils stärkerer Fichten, des größeren Buchenanteils und vor allem der höheren Kulturkosten.

## 7.0 Diskussion

Der von der forstlichen Praxis angelegte *Versuch* in Kirn hat gegenüber den bisher ausgewerteten Fichtenverbandsversuchen den Vorteil, daß die Pflanzverbände stärker gestaffelt sind und daß neben mittleren Quadratverbänden weite Reihenabstände erprobt wurden, wie sie heute bevorzugt werden. Andererseits weist der

---

[1]) Preise und Löhne wurden vom Forstamt Kirn für das Forstwirtschaftsjahr 1968 angegeben.

Tabelle 11

**Roherlös, Werbungs- und Kulturkosten sowie Reinerlös je ha der 45jährigen Bestände.**
**Gross proceeds, planting and harvest expenses, net yield per ha of the 45 years old stands.**

| | | | | VI | V | III |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Parzelle / Größe / Verband | plot / aerea / spacing | No. / ha / m | VI / 0,1181 / 1,3 x 1,3 m | V / 0,2000 / 1,5 x 1,5 m | III / 0,1791 / 3 x 1 m |
| *Gesamtwuchsleistung* Derbholz Total crop yield V7 | | Efm | | | | |
| Grubenholz | Fichte | 7 - 9 cm | o. R. | 106,9 | 43,3 | 51,9 |
| | | 10 - 14 cm | o. R. | 97,9 | 112,7 | 103,0 |
| | | 15 - 17 cm | o. R. | 6,0 | — | 4,7 |
| Faserholz D | | | m. R. | 19,8 | 12,6 | 14,2 |
| Grubenholz | Laubholz | 7 - 9 cm | o. R. | — | 1,1 | 3,7 |
| | | 10 - 14 cm | o. R. | — | — | 1,1 |
| Brennholz | | | m. R. | — | 3,4 | 6,4 |
| *Roherlös* | Fichte | | DM | 11 593 | 8 473 | 8 745 |
| gross proceeds | Laubholz | | DM | — | 85 | 221 |
| | | | i. g. | 11 593 | 8 558 | 8 966 |
| | | | % | 100 | 74 | 77 |
| *Werbungskosten* | Fichte | | DM | 3 248 | 2 373 | 2 447 |
| crop expenses | Laubholz | | DM | — | 60 | 150 |
| | | | i. g. | 3 248 | 2 433 | 2 597 |
| | | | % | 100 | 75 | 80 |
| *Roherlös erntekostenfrei* | Fichte + Laubholz | | DM | 8 345 | 6 125 | 6 369 |
| Sale proceeds less crop expenses | | | % | 100 | 73 | 76 |
| *Kulturkosten* | Fichte | | DM | 1 290 | 1 016 | 727 |
| planting expenses | | | % | 100 | 79 | 56 |
| *Reinerlös* | Fichte + Laubholz | | DM | 7 055 | 5 109 | 5 642 |
| net yield | | | % | 100 | 72 | 80 |

Versuch erhebliche Nachteile auf: den für den Anbau von Fichte wenig geeigneten Standort, die uneinheitlichen Standortverhältnisse der Versuchsfläche und das Fehlen von Wiederholungen. Diese Mängel müssen heute als Verstöße gegen die wichtigsten Voraussetzungen der Versuchstechnik angesehen werden. Durch die Ungunst der Zeit mit zwei Weltkriegen sind bedingt: die unterbliebene Bestandspflege und Numeration der Stämme sowie die wenigen und z. T. mangelhaften Aufnahmen durch die Versuchsanstalt.

Dennoch erfolgte eine eingehende *Versuchsauswertung*, weil dadurch die bisherigen Ergebnisse von Verbandsversuchen um das Versuchsergebnis einer auf extremem Standort für Fichte relativ lange beobachteten Versuchsreihe ergänzt werden konnten. Außerdem hat die forstliche Praxis ein Recht auf die Auswertung solcher praxisnaher Versuche, die mit erheblichen Kosten und Mühe für alle Beteiligten verbunden sind.

Der *Standort* des Versuchs in Kirn ist im Vergleich zu den bisher vollständig ausgewerteten anderen Verbandsversuchen ziemlich trocken, wie nebenstehende Gegenüberstellung zeigt:

Daß sich die Fichte auf dem durch Hangwasser begünstigten Süd- und Südwesthang in niederschlagsarmen Klima so lange z. T. in geschlossenen Beständen hielt, ist auf den relativ geringen Wärmeanstoß zurückzuführen, dem WEIHE (1963) eine günstige Wirkung auf das Fichtenwachstum in mäßig trockenen Gebirgslagen zuschreibt.

Wie in anderen Fichtenverbandsversuchen auf trockenem Standort zeigte sich auch in Kirn ab 3 qm Standraum eine signifikante Überlegenheit der weiten Verbände an *Mittelhöhe*, die bei ausreichendem Niederschlag wie in W e ß l i n g nach der unteren Gegenüberstellung nicht zu beobachten war:

| Versuch/Land | Abteilung | Seehöhe m | letzte Aufnahme im Alter | Niederschlag im Jahr mm | Temperatur in der Veget.-Zeit (Mai - Juli) °C |
|---|---|---|---|---|---|
| Wermsdorf/Sachsen | 17/24 | 180 | 62 | 680 | 15,4 |
| Dietzhausen/Thüringen | 37 | 480 | 49 | 858 | 14,7 |
| Kirn/Rheinland-Pfalz | 55 | 350 | 45 | 607 | 14,5 |
| Weßling/Bayern | | ca. 500 | 43 | 987 | 14,2 |

| Versuch | Messung im Alter | V e r b ä n d e | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $1^2$ - $1{,}13^2$ hg | $1{,}25^2$ - $1{,}3^2$ hg | $1{,}42^2$ - $1{,}5^2$ hg | $1{,}8^2$ - $2^2$ hg | 3 x 1 hg | 3,4 x 1,13 hg | 4 x 1 hg |
| Wermsdorf | 41 | 11,6 | | 12,1 | 13,3 | | 13,8 | |
| Dietzhausen | 37 | 10,0 | 11,2 | 14,8 | | | | |
| Kirn | 41 | | 11,8 | 11,8 | 13,2 | 12,9 | | 13,4 |
| Weßling | 43 | | 21,6 | 21,1 | 21,8 | | | |

Wiedemann (1936) konnte an Stammanalysen nachweisen, daß die Höhenüberlegenheit der weiten Verbände nicht die Folge einer rechnerischen Verschiebung (Anhebung der Mittelhöhe wegen des Fehlens schwacher und entsprechend niedriger Bäume) ist, sondern darauf beruht, daß der Höhenzuwachs durch den größeren Standraum der Pflanzen und die geringere Wurzel- und Kronenkonkurrenz gefördert wird. Diese Konkurrenz erstreckte sich in Kirn nicht nur auf die gepflanzten Fichten sondern auch auf die dazwischen erwachsenen Eichen und Buchen. Obwohl in den 41jährigen Beständen des Versuchs in Kirn die partielle Korrelation zwischen dem ursprünglichen Pflanzverband und der Mittelhöhe der Fichten etwa ebenso stark war (rp = 0,672) wie diejenige zwischen dem Fichtenverband und der Laubholzmittelhöhe (rp = 0,678), nahmen die Fichtenmittelhöhen mit der Pflanzweite der Quadratverbände ebenso zu wie im Verbandsversuch Wermsdorf. Allerdings war die Zunahme in den Reihenverbänden, wo die Laubholzkonkurrenz stärker war, geringer als in Wermsdorf. Da die Fichte meist vorherrschend, das Laubholz dagegen zwischenständig war und beide Holzarten den Boden verschieden tief durchwurzelten, korrelierten die Mittelhöhen von Fichte und Laubholz miteinander nur schwach (rp = 0,373).

Auch im *Mitteldurchmesser* waren die weiten Verbände zwischen 3 qm und 4 qm Standraum den engeren ähnlich anderen Verbandsversuchen gesichert überlegen wie folgende Gegenüberstellung von Prozentwerten zeigt:

Außerdem profitierte der Fichtenreinbestand im Jugendstadium durch die rasche Deckung des zur Austrocknung und Verunkrautung neigenden Bodens und mit zunehmendem Alter vermutlich auch von den alten Laubholzwurzelkanälen.

Da nicht nur die Stammzahl des Nadelholzes sondern auch die des Laubholzes mit zunehmender Verbandsweite abnahm, war in Kirn die Wurzelkonkurrenz in den Quadratverbänden und die zusätzliche Kronenkonkurrenz in den Reihenverbänden der Mischbestände z. T. stärker als im Reinbestand und als in Beständen gleichen Standraums anderer Verbandsversuche. So wurde im Vergleich zum Versuch in Wermsdorf die Massenleistung der weiten Verbände in Kirn offenbar stärker durch die Laubholzbeimischung beeinflußt als die Bestandsmittelwerte von Höhe und Durchmesser. Der Grund dürfte in der höheren Laubholzmassenleistung der weiten Verbände liegen, die in umgekehrtem Verhältnis zur Fichtenmassenleistung stand. Die Korrelation zwischen Pflanzverband und Gesamtwuchsleistung der Fichte war deshalb negativ und diejenige zwischen Verband und Laubholzmassenleistung positiv. Der Vergleich der entsprechenden Korrelationskoeffizienten (rp = 0,696 und rp = 0,961**) zeigt, daß die Massenleistung des Laubholzes im Stangenholzalter viel stärker mit dem ursprünglichen Standraum der Fichten korreliert war als die Gesamtwuchsleistung der Fichte selbst.

Durch die Massenberechnung mit der Massentafel ist in Kirn der Ausgleich der *Formzahl* zwischen eng und weit begründeten

| Versuch | Alter | Höhe Durchmesser GWL Derbh. | Quadratverbände 1,25 - 1,3 m % | 1,4 - 1,5 m % | 1,8 - 2,0 m % | 2 x 1 m<br>2,27 x 0,85 m<br>3 x 1 m<br>% | 4 x 1 m<br>3,4 x 1,13 m<br>% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | H | | 100 | 110 | 104 | 104 |
| Wermsdorf | 41 | D | | 100 | 111 | 101 | 123 |
| | | GZ | | 100 | 95 | 87 | 99 |
| | | H | 76 | 100 | | 98 | |
| Dietzhausen | 37 | D | 74 | 100 | | 84 | |
| | | GZ | 56 | 100 | | 95 | |
| | | H | 102 | 100 | 112 | 109 | 114 |
| Kirn | 41 | D | 94 | 100 | 110 | 103 | 116 |
| | | GZ | 120 | 100 | 90 | 89 | 93 |
| | | H | 98 | 100 | 102 | | |
| Weßling | 43 | D | 103 | 100 | 106 | | |
| | | GZ | 109 | 100 | 90 | | |

Obwohl die mit der Zunahme der Verbandsweite beobachtete Steigerung des mittleren Durchmesser z. T. geringer war als diejenige der Mittelhöhe, war die Korrelation zwischen früherem Pflanzverband und Mitteldurchmesser der 41jährigen Fichtenbestände stärker und signifikant (rp = 0,922). Auch die Beziehung zwischen den Mitteldurchmessern von Fichte und Laubholz war straffer (rp = 0,877) als diejenige der Mittelhöhen (rp = 0,373).

Hinsichtlich der *Massenleistung* bezeichnete Wiedeamnn (1936) den auf trockenem Standort gelegenen Versuch Dietzhausen 37 als Sonderfall, weil dort die Leistung der engen Verbände den weiten erheblich unterlegen war. In dem an Niederschlägen noch ärmeren Versuch in Kirn war dagegen der engste Verband von 1,3 x 1,3 m nach ähnlicher Beobachtungszeit wie in Dietzhausen den weiten Verbänden erheblich überlegen in der Massenleistung. Da hier das Laubholz im Konkurrenzkampf frühzeitig unterdrückt wurde, brauchten im Reinbestand z. B. im Alter 41 nur etwa soviel Stämme mit Wasser und Nährstoffen je Flächeneinheit versorgt werden wie in dem aus dem 3 x 1 m-Verband erwachsenen Mischbestand (siehe Abbildung 4).

Beständen nicht erkennbar, wie ihn Wiedemann (1936) mit steigendem Alter beobachtete. Er sah diesen Formzahlunterschied neben der Unterlegenheit der schwachen Stämme an Höhe und Derbholz als Grund für die anfangs geringe Massenleistung der eng begründeten Fichtenbestände an, die sich nach Wiedemanns Meinung später ausgleicht. Das bestätigte sich in Kirn auch ohne Berücksichtigung der Formzahlen dadurch, daß sich die Unterschiede an Höhe, vor allem aber an Stammzahl und Durchmesser zwischen den verschiedenen Pflanzverbänden mit zunehmendem Alter verringerten.

Die Überlegenheit der engen Verbände auf dem trockenen Standort in Kirn ist um so erstaunlicher, da die enger begründeten Bestände schwächer durchforstet wurden als die weiter erwachsenen. Wiedemann (1936) staffelte die *Durchforstung* der Fichtenverbandsversuche in dieser Weise, damit die durch den Pflanzverband bedingten Standraumunterschiede auch später bestehen bleiben sollten. Das ist trotz der Störungen des Kirner Versuchs zumindest bis zum Stangenholzalter versucht worden.

Nach den ersten Beobachtungen an den 23jährigen Beständen in Kirn vermutete Wiedemann (1936), „daß der erprobte 1,5-m-

Quadratverband noch keineswegs die wirtschaftliche Obergrenze ist, sondern daß vor allem in trockenen Lagen, soweit der Boden nicht unter längerer Freilage leidet, auch Quadratverbände von 1,8 m oder selbst 2 m noch durchaus befriedigende Bestände ergeben, die sehr rasch in starke Durchmesser einwachsen und in der Gesamtmassenleistung den engeren Verbänden mindestens ebenbürtig sind, wenn sie auch in den Vorerträgen vielleicht etwas zurückbleiben. Auch scheinen Reihenverbände bis zu etwa 3 m noch genügende Massenleistungen zu bringen". Diese Voraussage wäre bei normaler Pflege, d. h. zunächst Säuberung von Laubholz und späterer Niederdurchforstung der Fichte vermutlich auch eingetreten. Das beweist die gegenüber dem 1,5 x 1,5-m-Verband nur um 3 % geringere Massenleistung des 3 x 1-m-Verbandes im Alter 45, wobei das Defizit durch die zusätzliche Laubholzmassenleistung voll ausgeglichen wurde.

Durch den *Aushieb herrschender Fichten* (revierübliche oder „Adenauer"-Durchforstung) in den 26- und 30jährigen Beständen sollten nicht nur gute Laubholzstämme begünstigt sondern auch die ästigsten Fichten entfernt werden. Eine Qualitätsverbesserung war dadurch nicht zu beobachten, denn durch die intensive Laubholzbeimischung wurde selbst bei den weitesten Verbänden eine stärkere Ästigkeit der Fichtenbestände verhindert.

Die Absicht, die Laubholzbeimischung durch den Fichtenaushieb zu fördern, ließ sich nicht verwirklichen: im Alter 41 war das Laubholz beim 1,5-m-Quadratverband bis auf Reste verschwunden und beim 5 x 1-m-Verband in der Massenleistung um mehr als die Hälfte geringer als im normal behandelten Bestand. Noch schwerwiegender war die um 16 % bzw. 20 % geringere Massenleistung der Fichte.

Auch hinsichtlich der *Wertleistung* ist der Versuch Kirn mit anderen Verbandsversuchen nicht voll vergleichbar, weil die Erzeugung starker Stämme in den weiten Verbänden durch den Laubholzstockausschlag gehemmt wurde. Außerdem konnten die Bestände während der letzten 15 Beobachtungsjahre nicht regelmäßig durchforstet werden. Beides hatte zur Folge, daß die 45jährigen Bestände keine Stammholz- sondern nur Grubenholzstärken erreichten, so daß sich der höhere Reinerlös stärkerer Sortimente in den weiter begründeten Beständen nicht auswirken konnte.

Vanselow (1950) folgerte aus den Ergebnissen des Weßlinger Versuchs, daß Quadratverbände zwischen 1,3 und 1,6 m die höchste Massen- und Wertleistung bei günstigen Standortsverhältnissen erzielen. Hinsichtlich ärmerer Standorte mit geringerem Niederschlag verweist er auf die Ergebnisse Wiedemanns (1936). Dieser aber hielt die Hoffnung „daß die Mehrlieferung von starken Stämmen (durch weiten Pflanzverband) den Wirtschaftserfolg wesentlich beeinflußt auch bei niedrigem Umtrieb für nicht begründet", was sich in Kirn bis jetzt bestätigte.

Auch Busse und Jaehn (1925) konnten in Wermsdorf kein klares Bild über die graduelle Abstufung der Wertleistung der verschiedenen Verbände feststellen. Lediglich Altherr (1965) konnte bei dem von ihm ausgewerteten Versuch Köcherhof eine betriebswirtschaftliche Überlegenheit des Weitverbandes feststellen. Dieser als „weit" bezeichnete Verband von 2 x 1,5 m entspricht aber fast genau dem Standraum des 1,5-m-Quadratverbandes in Kirn!

Im Kirner Versuch wurde der geringere Reinerlös der weiter begründeten Bestände nicht durch höheren Roherlös und niedrigere Werbungskosten der stärkeren Sortimente ausgeglichen, was auch Wiedemann (1936) nur für Bestände erwartete, die „noch nicht wesentlich über 30 cm stark sind, d. h. nur bei niedrigen Umtrieben".

Die Einsparung an Kulturkosten, auf die Altherr (1965) hinweist, betrug in Kirn beim 3 x 1-m-Reihenverband gegenüber dem 1,3-m-Quadratverband etwa 30 %, gemessen am Roherlös des Holzes aber nur 5 %. Beim Versuch *Wermsdorf* betrug diese Kulturkostenersparnis vergleichsweise nur 2 %, weil die Löhne im Vergleich zum Holzpreis niedriger waren. Normale Begründungskosten schlagen verhältnismäßig wenig zu Buch, mehr dagegen die lohnintensiveren Nachbesserungen und langjährigen Pflegearbeiten, die meist nur bei weiten Pflanzverbänden notwendig sind. Das beweist die Überlegenheit des im 1,3 x 1,3-m-Verband begründeten Bestandes in Kirn, wo aus Mangel an Arbeitskräften, wenn auch aus anderen Gründen als heute, keine Kultur- und Bestandspflege möglich war.

Neuerdings wird von vielen Autoren, am nachdrücklichsten von Altherr (1965), auf den Nachteil zeitiger, nicht kostendeckender Pflegeeingriffe eng begründeter Bestände hingewiesen. Dabei wird als Gegenargument das hohe Abgangsprozent durch natürliche Ausscheidung in engen bzw. mittleren Verbänden im Versuch Weßling (1,3 x 1,3 m = 30 %, 1,5 x 1,5 m = 15 %, 1,8 x 1,8 m = 10 %) hingewiesen. Demgegenüber ist festzustellen, daß für die in der Dickungsphase stattfindende Selektion der standörtlich geeignetesten Pflanzen und zugleich besten Zuwachsträger eine genügend große Ausgangspopulation vorhanden sein muß. Auf Einzelheiten dieser genetischen Betrachtungsweise von Verbandsversuchen soll später eingegangen werden.

Für die *Sicherheit der Bestände* sah es Wiedemann (1936) als entscheidend an, welche Zahl an Pflanzen das Dickungsalter erreicht, und hatte dabei die Jugendgefahren durch Insekten, Frost, Dürre und Wild im Auge. Diese Gefahren bedingen eine ausreichende Pflanzenzahl für die natürliche Auslese, wie sie schon Münch (1926) als Voraussetzung für das Gelingen von Kulturen in Frost- und Dürrelagen ansah: „Rascher und gleichmäßiger Schluß durch entsprechend enge Verbände sind der beste Schutz gegen Klimaschäden!" Hinsichtlich der Schneebruchgefahr bezeichnete Wiedemann nach den guten Erfahrungen mit dem im 1-m-Quadratverband begründeten Bestand des Versuchs Nesselgrund den 1,5 x 1,5-m-Verband als günstigste Pflanzweite für ausgesprochene Schneebruchlagen.

Auch Chroust (1968) konnte nachweisen, daß zwar durch weite Stammabstände die Schneebruchgefahr infolge Vergrößerung der Stammstärke und Kronenlänge verringert andererseits aber durch die größere Kronenoberfläche vergrößert wird.

Wenn Tamm (1970) nach guten Beobachtungen einen der Hauptwindrichtung angepaßten 4,0 x 0,8-m-Reihenverband für die schneebruchgefährdeten Lagen des Harzes empfiehlt, so bestehen Bedenken gegen die einseitige Ausrichtung einer Anbaumethode unter bewußter Einengung der genetischen Auslese.

Im Hinblick auf den hier untersuchten Versuch in *Kirn* hielt Wiedemann (1936) für trockene Lagen den „erprobten" 1,5-m-Quadratverband nicht als wirtschaftlich zulässige Obergrenze, sondern Quadratverbände von 1,8 m und 2 m sowie Reihenverbände bis 3 m. Diese Annahme hätte sich vielleicht bei ausreichender Bestandspflege bestätigt, welche die mit dem Alter steigenden Wasseransprüche der Fichte gewährleistet hätte. Das traf am Schluß der Versuchsbeobachtung anscheinend für den eng begründeten Reinbestand und die Mischbestände bis zu 3 qm ursprünglichen Fichtenstandraums noch zu, wenn sich auch auf geringeren Standortpartien der Befall durch Rotfäule und Hallimasch bereits in einzelnen Bestandslücken bemerkbar machte. Da beide Wurzelerkrankungen zu einer „Durchlöcherung" der Fichtenbestände führen, können Reihenverbände je nach Größe und Form der Befallsplätze allgemein ungünstiger als Quadratverbände und weite Verbände unzweckmäßiger als enge sein. In Kirn hatten zwar die weiten Reihenverbände von 4 x 1 m und 5 x 1 m zugleich die ungünstigsten Standortbedingungen, doch folgten in der Standortbeurteilung unmittelbar nach diesen die Quadratverbände von 1,3 m und 1,5 m. Die Erhaltung aller Verbände unter 3 qm

Standraum beweist also, daß durch derartige Pflanzverbände das Risiko vorzeitiger Verlichtung der Fichtenbestände auf gefährdeten Fichtenstandorten verringert werden kann.

Die von KRAMER u. a. (1970) allgemein festgestellte Erhöhung der Bestandssicherheit und Wirtschaftlichkeit durch weite Pflanzverbände trifft für den Versuch in Kirn nicht zu.

Über die Entwicklung der *Konkurrenz* von der Kultur bis zum geschlossenen Bestand liegen in Kirn wie bei den meisten früheren Ertragsversuchen keine Aufzeichnungen vor. Da noch im 26jährigen Bestand das Dorngestrüpp ein Begehen der aus Quadratverbänden erwachsenen Bestände erschwerte, ist anzunehmen, daß die Konkurrenz der Fichtenkultur mit der Unkrautflora erheblich war. Vermutlich konkurrierten die Fichtenpflanzen je nach der Weite des Pflanzverbandes bzw. des zur Verfügung stehenden Lichts mit verschiedenartigen bzw. -häufigen Unkräutern und unterschiedlich wüchsigem Stockausschlag von Eiche und Buche, der seinerseits wieder in Konkurrenz zur Bodenflora stand bzw. diese später regulierte. Daß die Fichte in dem 5 x 1 m begründeten Bestand mit den fast ungünstigsten Standortverhältnissen und mit der stärksten Konkurrenz gegen das Unkraut und Laubholz überhaupt erhalten blieb, läßt darauf schließen, daß die in Kirn angebauten Fichten einerseits ein hohes Anpassungs-, andererseits ein starkes Durchsetzungsvermögen hatten. STERN (1969) bezeichnete diese Merkmale des Konkurrenzverhaltens als „Konkurrenzeignung und Konkurrenzwirkung" und trennt zwischen „intraspezifischer" Konkurrenz innerhalb einer Art und „interspezifischer" Konkurrenz zwischen mehreren Arten. In Kirn handelte es sich zunächst um eine interspezifische und erst danach um eine intraspezifische Konkurrenzauseinandersetzung. Beide Konkurrenzarten fanden um so eher statt je enger der Standraum der Pflanzen war und hielten um so länger an je enger der Verband war. Bei annähernd gleicher Ausgangsstammzahl wie beim 1,8 x 1,8-m- und 3 x 1-m-Verband hatte der im Quadratverband begründete Bestand die höhere Ertragsleistung. Denn hier waren die Konkurrenzbedingungen durch intensivere Ausnutzung des Wurzel- und Kronenraumes besser als im Reihenverband, wo die Fichten reihenweise ausfielen und dadurch Stämme mit guter Zuwachspotenz vorzeitig ausschieden. Daraus erklärt sich auch, daß die verschiedenen Reihenverbände geringere Unterschiede an Mittelhöhe und mittlerem Durchmesser aufwiesen als die Quadratverbände, obwohl die Standraumunterschiede in den reihenweise begründeten Beständen größer waren. Bei der im 5 x 1-m-Verband gepflanzten Fichte kann von einem Konkurrenzkampf der Fichte unter sich während der Beobachtungszeit kaum gesprochen werden. Dagegen waren bei den unter Konkurrenzdruck stehenden Beständen die durch verschiedene Art und Weite des Pflanzverbandes bedingten Unterschiede so stark ausgeprägt, daß der Einfluß der sehr unterschiedlichen Standortverhältnisse kaum zu erkennen war.

Für reine Fichtenbestände fand HEDING (1968) an 87 undurchforsteten Versuchsflächen in Dänemark, daß die durch Konkurrenzwirkung im Wege der „Selbstdurchforstung" trocken gewordenen Fichten hinsichtlich Stammzahl, Höhe und Durchmesser eng mit der Ausgangsstammzahl korreliert war: je höher diese war, um so größer war die Anzahl trockener Stämme und um so geringer Durchmesser und Höhe. Eine Abhängigkeit vom Standort war für die weit verstreuten Versuche nicht festzustellen. Auch in Kirn war die Korrelation zwischen Pflanzverband und Ertragsleistung enger als nach den erheblichen Standortsunterschieden zwischen den einzelnen Versuchsparzellen zu erwarten gewesen wäre. Diese Beobachtung kann mit den neueren ökologischen Erkenntnissen erklärt werden, daß die höheren Pflanzen weniger direkt durch die Standortfaktoren als indirekt durch die von diesen Faktoren veränderte Wettbewerbsfähigkeit beeinflußt werden (ELLENBERG, 1956).

STERN (1969) betont, daß die Ausprägung der Konkurrenzeignung und -wirkung im Bestand als Ergebnis eines komplexen Gegen- und Zusammenspiels konkurrierender Nachbarn an vielerlei Ebenen aufzufassen ist. Ein meßbarer Weiser dafür ist der „Schirmflächenanspruch", wie WEIHE (1963) den Anspruch eines Baumes für seine Kronenausdehnung auf Grund seiner Stärke bezeichnet.

Als Beispiel für das Zusammenwirken von intra- und interspezifischer Konkurrenz führt RÖHRIG (1964) das Ergebnis eines Versuchs an, in dem die Durchschnittshöhe einer Eichensaat mit zunehmender Saatdichte sank, während die Höhe auf den verunkrauteten Flächen leicht, aber konstant anstieg. Dieses Versuchsergebnis entspricht dem in Kirn.

Nach STERN (1969) ist die intraspezifische Konkurrenz ein entscheidender Auslesefaktor und dürfte bei verschiedenem Genotyp der Merkmale Konkurrenzeignung und Konkurrenzwirkung am häufigsten zur Überkompensation führen, wenn eine mittlere Bestandsdichte vorliegt, wie durch die Ergebnisse der meisten Fichtenverbandsversuche bestätigt wird. Der gleiche Autor führt Beispiele an, in denen die Konkurrenz zwischen Individuen gleicher Art im Dichtstand noch von derjenigen verschiedener Arten übertroffen wird. Dabei spielen außer den biotischen und abiotischen Bedingungen der Anteil der eigenen Art an der Gesamtpopulation als auch die Gesamtdichte über die konkurrierenden Arten eine Rolle. Diese Gründe waren es vermutlich, weshalb auch in Kirn infolge der länger anhaltenden Wirkung beider Konkurrenzarten die Ertragswerte in den weiteren Verbänden stärker zunahmen als in den engeren und daß diese Steigerung trotz ungünstigem Standort gerade wegen der Laubholzkonkurrenz (Konkurrenz zwischen extrem verschiedenen Genotypen) nicht geringer war als in anderen Fichtenverbandsversuchen.

Als wichtigstes Ergebnis des von der natürlichen Auslese gesteuerten Anpassungsprozesses bei intra- und interspezifischer Konkurrenz sieht STERN (a. a. O.) eine genetisch hochgradig heterogene Population an, die als Ganzes an ihr biotisches und abiotisches Milieu angepaßt ist (Ökotyp) und sich in einem Gleichgewichtszustand befindet. Dadurch erklärt sich wahrscheinlich, daß in Kirn nicht — wie zu erwarten — die dicht begründeten Bestände infolge Pilz- und Insektenbefall ausfielen, sondern die weiten und daß nicht die weiten, reihenweise angelegten Verbände mit der größten Durchmesser- und Höhenleistung auch die höchste Massenleistung aufwiesen, sondern die Quadratverbände mit mittlerer Ausgangspflanzenzahl.

Als Störung des genetisch-ökologischen Gleichgewichts ist vielleicht auch die Regulierung des Verhältnisses zwischen Fichte und Laubholz durch die sogenannte „Adenauer Durchforstung" aufzufassen: Der Laubholzbestand, der gefördert werden sollte, ging innerhalb von 15 Jahren beim 5 x 1-m-Verband um die Hälfte der Masse und im 1,5 x 1,5-m-Verband bis auf wenige Reste gegenüber den Vergleichsbeständen ohne Laubholzbegünstigung zurück. Noch schwerwiegender war die genetische Gleichgewichtsstörung bei der Fichte im Hinblick auf deren höheren Zuwachs: Die Minderleistung an Masse entsprach etwa dem Prozentsatz der vor 15 Jahren entnommenen herrschenden Stämme: beim 1,5 x 1,5-m-Verband etwa 15 %, beim 5 x 1-m-Verband 20 %.

Zu einer rechnerischen Bestimmung der Konkurrenzeffekte, wie sie neuerdings von HÜHN (1969) vorgeschlagen wurde, war die Versuchsanlage in Kirn leider nicht geeignet. Doch sollten bei der Anlage neuer Verbands- und Stammzahlhaltungsversuche unbedingt auch genetische Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

## Zusammenfassung

1. Die auf ziemlich trockenem Standort und einer Eichenstockausschlagsfläche begründete Fichtenkultur erwuchs nur im engsten

Verband von 1,3 x 1,3 m zum Reinbestand. In den weiteren Verbänden entwickelten sich um so mehr Eichen und etwas Buche je größer der Pflanzenabstand der Fichten war, so daß im Stangenholzalter der weiteste Verband von 5 x 1 m fast ebenso viel Laubholz- wie Fichtenstämme enthielt. In den Reihenverbänden war die Laubholzbeimischung wegen der geringeren Wurzel- und Kronenkonkurrenz durch die Fichte stärker als in den Quadratverbänden.

2. An Masse war der Laubholzanteil wegen des höheren Fichtenzuwachses auch ohne Eingriffe bis zum Schluß der Versuchsbeobachtung gering und war noch in den 41jährigen Beständen signifikant vom ursprünglichen Pflanzverband der Fichte abhängig.

3. Auch die Fichte, die nach der Läuterung einmal mäßig und danach nur schwach durchforstet wurde, war noch im Stangenholzalter z. T. signifikant mit dem Standraum bei der Kultur korreliert. Dagegen wurde die Höhen- und Durchmesserleistung durch die Laubholzbeimischung und durch den trockenen Standort anscheinend wenig beeinflußt. Die größtenteils gesicherte Überlegenheit der weiten Verbände an Durchmesser und Höhe war deshalb etwa die gleiche wie in anderen Verbandsversuchen, obwohl die weit begründeten Bestände wesentlich ungünstigere Standortverhältnisse aufwiesen als die in engeren Pflanzverbänden erwachsenen.

4. Die anfängliche Mehrleistung an Masse der mittleren Verbände von 2 - 3 qm Standraum wurde gegenüber den weiteren von 3 - 4 qm erst im angehenden Baumholzalter ausgeglichen, obwohl letztere anfangs etwas stärker durchforstet wurden.

Der Vorsprung des engsten Verbandes von 1,3 x 1,3 m in der Massen- und Wertleistung ist auf die vollständige Unterdrückung der Laubholzkonkurrenz bei Dickungsschluß zurückzuführen. Die Konkurrenz des Laubholzes hemmte den Massen- und Wertzuwachs der Fichte in den engen Verbänden vor allem im Wurzelraum in den weiteren Pflanzverbänden auch im Kronenraum, zumal eine normale Bestandspflege mangels Arbeitskräften nicht möglich und der Laubholzzuwachs zu gering war, um den Zuwachsverlust der Fichte zu decken.

5. Ein Teil der Ergebnisse des Verbandsversuchs deutete sich erst am Ende der über 40jährigen Versuchsbeobachtung an: Mit dem Alter zunehmender Ausgleich der Massenleistung von mittleren Quadratverbänden und Reihenverbänden bis zum Verband 4 x 1 m.

Als wichtigste Versuchsergebnisse auf diesem extremen Standort standen bei Aufgabe des Versuchs bereits fest: Wirtschaftliche Überlegenheit des 1,3 x 1,3-m-Verbandes durch Erübrigung der Kultur- bzw. Jungbestandspflege und dadurch bedingten Zuwachsvorsprung sowie die ungenügende Betriebssicherheit der Reihenverbände, die weiter als der 3 x 1-m-Verband waren.

Diese Ergebnisse sind allein schon wichtig im Hinblick auf die Ausdehnung des Fichtenanbaues und die zunehmende Verknappung der Arbeitskräfte für die Bestandspflege.

6. Die ständige Unterlegenheit des im 5 x 1-m-Verband begründeten Bestandes wird ebenso wie seine zeitige Verlichtung auf die zu geringe Ausgangspopulation und mangelnde Konkurrenzmöglichkeit der Fichte unter sich zurückgeführt. Die bis zum Schluß der Versuchsbeobachtung überlegene Massen- und Wertleistung des im 1,3 x 1,3 m begründeten Bestandes ist damit zu klären, daß die Ausgangsstammzahl für eine volle Entfaltung von Konkurrenzwirkung und Konkurrenzeignung der Fichtenpopulation auf dem für Fichte kritischen Standort ausreichend war. Mit Ausnahme des weitesten Verbandes war die Wirkung der nach Art und Weite des Fichtenpflanzverbandes verschiedenen Konkurrenzverhältnisse auf die Ertragsleistung so stark, daß ein Einfluß der erheblichen Standortunterschiede zunächst kaum zu erkennen war.

7. Die Quadratverbände erwiesen sich wegen der besseren Voraussetzungen für eine stärkere und längere Konkurrenz der einzelnen Fichten im Vergleich zu den Reihenverbänden als günstiger für den raschen Schluß der Kultur, für die Ertragsleistung bis zum Stangenholzalter und für die Betriebssicherheit bis zum Baumholzalter.

8. Durch die Entnahme herrschender Fichten zugunsten des Laubholzes im Dickungsalter wurden die Konkurrenzverhältnisse erheblich gestört. Der Anteil an Laubholz, das gefördert werden sollte war nach 15 Jahren im 5 x 1-m-Verband um etwa 50%, im 1,5 x 1,5-m-Verband aber um fast 100% gegenüber den niederdurchforsteten Beständen zurückgegangen. Nach der gleichen Zeit war die Massenleistung der Fichte um den gleichen Prozentsatz von 20% bzw. 15% gegenüber den normal durchforsteten Beständen verringert, wie insgesamt Stämme durch die beiden Eingriffe im Herrschenden entnommen wurden.

9. Die Versuchsergebnisse ermöglichen Hinweise auf die Bedeutung des Konkurrenzverhaltens der Fichte bei verschiedenem Dichtstand und bei der Mischung mit Laubholz. Dabei spielen die genetische Heterogenität und ausreichende Dichte der Population eine entscheidende Rolle. Die im Vergleich zum Einfluß des Standorts viel stärkere Wirkung der Konkurrenzverhältnisse hat besondere Bedeutung für den Fichtenanbau auf schwierigen Standorten außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes. Bei der Wahl des Pflanzverbands und der Regulierung der Stammzahl sollten genetische Gesichtspunkte mehr als bisher berücksichtigt werden.

**Schlußwort**

Die Verfasser sind dankbar dafür, daß die Auswertung des Versuchs durch Mittel des Niedersächsischen Zahlenlottos gefördert wurde. Besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Stern für wertvolle Ratschläge und Herrn Forstmeister Dr. Bergel für wichtige Hinweise zu dieser Arbeit. Zu danken ist ferner Herrn Oberforstmeister Becker, Forstamt Kirn, für die bereitwillige Unterstützung der Versuchsbearbeitung und Herrn Oberforstmeister Dr. Wallesch, Forstamt Herrstein, für die Standortbeschreibung der Versuchsfläche. Die Mitarbeiter der Abteilung Ertragskunde der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, welche an der Bearbeitung der Versuchsunterlagen mitgewirkt haben, sind in den Dank eingeschlossen.

**Summary**

Title of the paper: *The Norway spruce spacing trial "Kirn"*.

Norway spruce was planted at different spacings on a rather dry former oak-coppice site. The densest planting, 1.3 m. sq., developed a pure stand, all others retained increasingly more oak and some beech at wider spacings. The broadleaf volume was small in all cases to the present age of 41.

Wide spacing produced as much superior diameter and height growth as in other trials, inspite of the dry site and the broadleaf admixture. Differences of volume growth in the medium square and row spacings diminished with time, while value growth increased. The 1.3 m and wider square spacings showed greater financial yield and lower risks than the row plantings as a result of more favourable conditions of competition. Insufficient competition (e. g. in the 5 x 1 m planting) or disturbance of competition by removal of dominant trees caused loss of increment and increased risk. Spruce planting is expanding. Therefore, more than hitherto should genetical aspects be considered in decision on initial spacing and subsequent density control.

**Résumé**

Titre de l'article: *L'expérience d'espacement d'épicéas de Kirn.*

Les plantations d'épicéa installées sur station relativement sèche après coupe à planc du peuplement de chêne ne conduisent à un peuplement pur qu'avec l'espacement le plus faible: 1,3 x 1,3 m. Pour les autres espacements, il se développa d'autant plus de chênes

— ainsi qu'un peu de hêtres, que les distances de plantation des épicéas étaient plus grandes. Cependant la proportion en volume des feuillus à la fin de la période d'observation, c'est à dire à l'âge de 41 ans, restait faible.

Malgré la présence des feuillus et la sécheresse de la station, la supériorité des larges espacements pour la croissance en hauteur et en diamètre était sensiblement la même que celle observée dans d'autres dispositifs expérimentaux. Les plantations «en carré» à écartements moyens et les plantations en ligne donnent, pour la production en volume, des résultats d'autant plus voisins que l'âge augmente; la production en valeur s'accroît simultanément. La sécurité d'exploitation et la supériorité économique de la plantation à 1,30 x 1,30 et des autres plantations «en carré» par rapport aux plantations en ligne sont attribuées aux meilleures conditions de concurrence. La concurrence insuffisante avec les plantations en ligne à 5 x 1 m et les troubles de la concurrence due à l'enlèvement des épicéas dominants conduisent à des pertes d'accroissement et réduisent la sécurité de l'exploitation. Compte tenu de l'importance des boisements d'épicéa, on doit prendre en considération beaucoup plus qu'aujord'hui le point de vue génétique pour le choix des espacements et la régularité de la distribution sur le terrain des plants. J. M.

### Literatur

ALTHERR, E.: Beiträge zum Schwachholzproblem im Fichtenbetrieb, AFJZ 1965. — Ders.: Die Bedeutung des Pflanzverbands für die Leistung der Fichtenbestände, AFZ 1966, Seite 191 - 200. — BUSSE und JAEHN: Wachsraum und Zuwachs, Mitteilung aus der Sächsischen Forstlichen Versuchsanstalt zu Tharandt B. II, Heft 2, 1925, Seite 199 - 281. — CHROUST, L.: Die Bedeutung starker Lichtungshiebe zwecks Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Fichtenbestände gegen Schneeschäden. Lesnický časopis, Ročník 14 (XLI) 1968, Seite 943 - 960. — ELLENBERG, H.: Grundlagen der Vegetationsgliederung I. Teil Stuttgart, 1956, S. 115 - 123. — FRITSCHE: Über den Einfluß der Anbaumethode auf den Ertrag der Fichte. Mitteilung aus der Sächsischen Forstlichen Versuchsanstalt zu Tharandt, Bd. II, Heft 2, S. 76 - 113. — HEDING, N.: Stamtalsreduktion 09 Diameterudvikling i ikketyndede Rødgranbevoksninger med forskellige Planteafstande. Det Forstlige Forsøgsvaesen: Danmark, Bd. XXXII, H. 2, S. 193 - 243. — HÜHN, M.: Untersuchungen zur Konkurrenz zwischen verschiedenen Genotypen in Pflanzenbeständen. Silvae Genetica 18, Heft 5 - 6, 1969. — KENNEL, R.: Soziale Stellung, Nachbarschaft und Zuwachs. Forstwirtschaftliches Centralblatt 85, 1966, Seite 241 - 250. — KRAMER, H.: Kulturverbandsversuche. Forst- und Holzwirt 15, Heft 23/24, 1960, Seite 1 - 11. — KRAMER, H., SAETRE, O.-J., und LEONHARDT, J.: Untersuchungen über die Baummerkmale und über den genetischen Einfluß auf das Wachstum bei frei erwachsenen Jungfichten. AFJZ 141, Heft 2, Seite 30 - 41. — MITSCHERLICH, G.: Sortenertragstafel für Kiefer, Buche, Eiche und für Fichte. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 1939, Seite 484 - 583. — MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Verlag Parey, Berlin und Hamburg, 1958. — MÜNCH und LISKE: Die Frostgefährdung der Fichte in Sachsen. Tharandter Forstliches Jahrbuch, 1926, S. 97, 129, 161, 197. — RÖHRIG, E.: Über die gegenseitige Beeinflussung der höheren Pflanzen. Forstarchiv, 1964, Seite 25 - 39. — STERN, K.: Einige Beiträge genetischer Forschung zum Problem der Konkurrenz in Pflanzenbeständen, AFJZ 140, Heft 12, Seite 253 - 262. — TAMM, W.: Ein extremer Weitverband bei Fichte und der Versuch seiner Rechtfertigung. Der Forst- und Holzwirt, 1970, Nr. 7, Seite 142 - 147. — VANSELOW, K.: Einfluß des Pflanzverbandes auf die Entwicklung reiner Fichtenbestände. Forstwirtschaftliches Centralblatt, 1950, Seite 497 - 527. — WALLESCH, W.: Standortbeschreibung und standörtliche Beurteilung des Fichtenverbandsversuchs Kirn. Briefliche Mitteilung 1969. — WEBER, E.: Grundriß der Biologischen Statistik. 6. Auflage, Stuttgart, 1967. — WEIHE, J.: Der Pflanzverband für Fichtenkulturen. AFZ, 1963, S. 290 - 294. — WIEDEMANN, E.: Die Fichte. Mitt. aus Forstwiss. und Forstwirtschaft, 1936, Seite 2 - 40.

## Buchbesprechungen und Notizen

**Lehrbuch der Bodenkunde.** Von F. SCHEFFER und P. SCHACHTSCHABEL. 7., völlig neubearbeitete Aufl. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1970. XV u. 448 S., 70 Tab., 121 Abb., 1 Farbtafel, DM 56,—.

Nur vier Jahre nach der 6. Auflage erschien die vorliegende siebente, weitgehend neubearbeitete Auflage. Dies zeugt einerseits von der Beliebtheit, die dieses Standard-Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde im deutschsprachigen Raum und darüber hinaus genießt, andererseits aber auch vom schnellen Fortschritt der bodenkundlichen Forschung, der die Neubearbeitung nötig machte.

Weitgehend neu konzipiert wurden besonders folgende Kapitel: Kationenaustausch, Bodenacidität, Bodengefüge, Bodenwasser, Bodentemperatur, Kalium, Phosphor, Tonverlagerung, Einfluß von Grund- und Stauwasser, Laterisierung, Versalzung und Marschen. Aber auch verschiedene andere Teile des Buches wurden gründlich überarbeitet und ergänzt. Die Zahl von 175 neu eingefügten bzw. an Stelle von älteren gesetzten neueren Literaturangaben erscheint zunächst beachtlich, doch ist es, wie die Verfasser selbst betonen, nur eine kleine Auswahl aus dem vorhandenen neueren Schrifttum.

Der Studierende wird es zu schätzen wissen, daß trotz des erhöhten Umfanges des Wissensstoffes die Seitenzahl reduziert und der Preis der 6. Auflage nicht überschritten wurde. Auch diese Auflage kann den Studierenden der Forstwissenschaften zum vertiefenden Studium bodenkundlicher Probleme wärmstens empfohlen werden. Der Lehrende wird dies um so lieber tun, da die Behandlung spezieller Anwendungen der Bodenkunde in der forstlichen Praxis und Forschung der eigenen Vorlesung vorbehalten bleibt.

Das Buch ist aber nicht nur für Studierende, sondern auch als Nachschlagewerk und Quelle von Anregungen für die in Forschung, Lehre und Praxis tätigen Bodenkundler unentbehrlich. Darüber hinaus ist es eine wichtige Informationsquelle für alle Landwirte, Forstwirte, Gärtner, Landespfleger, Kulturtechniker, Biologen, Geographen, Geologen und Vertreter anderer Nachbarwissenschaften, die sich mit der Bodennutzung und -melioration, mit dem Boden als Standortsfaktor, mit dem Boden als Zeugen vergangener geologischer Epochen oder auch mit dem Boden als einem Faktor in der Raumordnungsplanung befassen.

Z. GRAČANIN

**Seltene, geschützte Pflanzen.** Von FRITZ-MARTIN ENGEL. 108 Seiten, 50 vielfarbige, 23 einfarbige Abbildungen. DM 12,80

Der Lebensraum vieler Wildpflanzen wird durch Landwirtschaft und Industrie immer mehr eingeschränkt. Viele Pflanzen bekommt man überhaupt nicht mehr zu Gesicht; sie sind „selten" geworden. Solchem Mangel hilft dieser neue Band der farbigen Reihe „Bilder und Sachen" auf seine Weise ab. In großzügigen, sehr schönen Farbbildern und mit detaillierten Pflanzenzeichnungen gibt er ein Panorama der Kleinodien unter unseren heimischen Pflanzen. Ein Buch, das unterhaltend auf sehr angenehme Weise belehrt.

H. J. BRAUN

**Waldhygiene.** Herausgegeben von K. GÖSSWALD, G. KNEITZ und R. HENNIG. Institut für Angewandte Zoologie der Universität Würzburg, Würzburg. Band 8: 128 Seiten mit zahlreichen Tabellen und Abbildungen und einer umfangreichen Schriftenschau.

Seit 1954 erscheint die Zeitschrift „Waldhygiene", eigentlich ein bemerkenswertes Ereignis für ein zeitnahes, fortschrittliches forstliches Schrifttum. Gesunde, saubere Waldwirtschaft, biologisch ökologisch gegründet, wird immer mehr zu einer der wesentlichen Grundlagen für ein auf die Zukunft ausgerichtetes Forstwesen. In diesem weiten Sinn wird auch der Begriff der Waldhygiene in der von K. GÖSSWALD und W. KLOFT begründeten Veröffentlichungsreihe „Waldhygiene" ausgelegt. Das zeigt schon ein Blick auf das Inhaltsverzeichnis des jetzt vorliegenden 8. Bandes. E. MERKER überprüft die Zuverlässigkeit der Bestandesdüngung gegen Waldschädlinge; G. KIRK berichtet über den gesetzlichen Fledermausschutz in der Welt und G. KNEITZ gibt einen eingehenden Tagungsbericht von dem Internationalen Seminar für Integrierte Schädlingsbekämpfung 1969 in New Delhi.

Gleicherweise zeigen auch die Themenkreise der in den früheren Bänden veröffentlichten Arbeiten den weitgespannten Rahmen und die ganzheitliche Betrachtungsweise. Es seien nur einige der behandelten Sach- und Arbeitsbereiche hervorgehoben: Waldhygiene und Waldbau (ELSNER); Jagdwissenschaft und Biozönose (HENNIG); Regulierung der Biozönose mittels Kombination zum Schutz des Waldes durch Waldameisen, Vögel, Fledermäuse und Spinnen (RUPPERTSHOFEN); Verknüpfungsgefüge einer Lebensgemeinschaft (BRAUNS); Waldhygiene und Waldjugend (RUPPERTSHOFEN); Wald und Mensch im Geschehen der Gegenwart (RUPF); Voraussetzung zur Praxis ökologischer Regelung (SCHIMITSCHECK); Naturschutz (OFFNER); Wald als Anreger des Kunstschaffens (SCHMIDT-LAMBERG); Waldhygiene und Lebensschutz (BRUNS); Teichwirtschaft im Wald (GENDRICH); Über die Bedeutung einer ganzheitlichen Schau, Wertung und Gestaltung im Jagdwesen (HENNIG); Die biologische Stellung der Kleinsäuger in der Waldhygiene (TURCEK) usf.

Man erkennt, daß die Herausgeber auch die biologische Schädlingsbekämpfung nur als einen Teil der Waldhygiene aufgefaßt wissen wollen. Keinesfalls ist es aber so, daß nur — und mancher Forstmann wird vielleicht eine solche Einseitigkeit befürchten — über Ameisen in dieser Zeitschrift geschrieben wird. Natürlich findet auch der Ameisenschutz als eine der Komponenten einer vorsorglichen biologischen Schädlingsbekämpfung seine Beachtung. Oft ist ja auch allzuwenig über die Waldameise, ihre Lebensweise und ihren Beutekreis und ihre Bedeutung für ein ausgewogenes Gleichgewicht im Walde und damit für einen vorbeugenden Forstschutz auf natürlicher Grundlage bekannt. Die biologische Schädlingsbekämpfung ist aber wiederum nur ein Teil der umfassenderen Waldhygiene.

Die jedem Heft bzw. Band beigegebene umfangreiche und reichhaltige Schriftenschau verdient besonders hervorgehoben zu werden. In den Kreis der Besprechungen werden großzügig einbezogen: Floristik, Pflanzensoziologie, Bodenkunde, Bodenzoologie, Bodenbiologie, Biologische Wissenschaften, Gewässerpflege, Ökologie, Naturschutz, Landschaftsschutz, Waldbau, Forstwirtschaft, Jagdwissenschaften, Vögel, Entomologie, Schädlingsbekämpfung usf. und verwandte Gebiete bis zur Werkzeugkunde für die Waldarbeit.

Ebenso vielseitig und weit gefaßt sind die Tagungsberichte, sei es nun der Bericht über ein Kolloquium über „Die Dynamik der Bodenlebensgemeinschaft" 1966 in Braunschweig-Volkenrode oder über eine Tagung des Ordens „Der Silbere Bruch in Unterlüß" mit dem Thema „Kulturlandschaft und Jagd".

Man kann der Zeitschrift „Waldhygiene" füglich bescheinigen, daß sie ihrer Aufgabe gerecht wird, hinzuweisen „auf die Notwendigkeit der Berücksichtigung aller wechselseitig wirksamen Bestandteile des Waldes in dem Sinne einer gesunden Selbstregulierung der ganzen Lebensgemeinschaft" und damit auf das Erfordernis „einer natürlichen Bereinigung der Waldkrankheiten" (GÖSSWALD). Die Waldhygiene befaßt sich mit dem Zusammenspiel aller natürlichen Einzelfaktoren zur Erhaltung eines gesunden, in sich gefestigten und widerstandsfähigen, betriebssicheren und leistungsstarken Waldes. Es wird betont, daß „bereits das Vermeiden waldbaulicher Fehlleistungen zum Erfüllen waldhygienischer Aufgaben gehört". Immer soll der „Gesamtorganismus Wald" in seiner „Anpassungs- und Leistungsfähigkeit" und mit seinen vielfältigen besonderen Funktionen gesehen werden und Ausgangspunkt der Arbeit sein.

Der Referent beabsichtigte kein ausführliches Inhaltsreferat, vielmehr war es sein Anliegen, auf diese Zeitschrift und ihre Bedeutung für eine gesunde Fortentwicklung des Forstwesens aufmerksam zu machen.

H. GOTHE

**Nadelgehölze für Garten und Park.** Von FRANZ BOERNER. 130 Seiten mit 86 zum Teil farbigen Abbildungen und zahlreichen Zeichnungen. DM 28,—

Der Rezensent bemüht sich zur Zeit, einen Teil des Institutsgartens und einen privaten Garten als Arboretum anzulegen. Das vorliegende Buch kommt ihm dabei in einem Ausmaß zu Hilfe, daß ihm diese Tätigkeit zur reinen Freude wird. Ein Großmeister der Dendrologie hat uns ein Buch beschert, das in angenehmer und didaktisch geschickter Weise belehrt und unterhält. Dazu tragen auch die interessanten, kleingedruckten Randbemerkungen bei, die das Lesen des Buches noch spannender machen.

H. J. BRAUN

**„Das Rehwild, Naturgeschichte, Hege und Jagd".** Von FERDINAND V. RAESFELD. 7. Auflage, neubearbeitet von GERD LETTOW-VORBECK und Prof. Dr. WALTER RIECK 1970. 333 Seiten mit 190 Abbildungen und Zeichnungen von W. BUDDENBERG und R. FEUSSNER und 4 farbige Tafeln. Ganz auf Kunstdruckpapier. Gr. 8°. Leinen DM 38,—. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Voll und ganz beizupflichten ist dem, was im Vorwort ausgesprochen, daß das kurze Erscheinen von 4 Neuauflagen zwischen 1956 und 1970 jeweils „mit erheblichen Ergänzungen in fast allen Abschnitten" besser als jede Besprechung den Wert dieses Buches belegt. Es ist ein Handbuch, in dem über alles vom Rehwild Wissenswerte mit erfreulicher Ausführlichkeit berichtet wird und unseres Wissens auch keine wesentlichen sachlichen Einwände erhoben werden können. Insbesondere gilt dieses für den 1. naturwissenschaftlichen Teil von RIECK, doch mit Sicherheit auch für den Abschnitt „Hege und Jagd", die Praxis also, die zu beurteilen jedoch vermutlich nur ein Praktiker von ähnlichen Graden vermag wie der Bearbeiter LETTOW-VORBECK.

Einiges erscheint den Referierenden allerdings überlegenswert: Angesichts der hohen Auflagezahlen und der entsprechenden Verbreitung in der Jägerschaft einerseits, sowie sich ändernder oder gar neuer Anschauungen über Biologie und Bewirtschaftungsgesichtspunkte beim Rehwild andererseits wäre es vielleicht doch überlegenswert, ob man dem letzteren nicht etwas mehr Rechnung tragen sollte (wie es z. B. in WAGENKNECHTS „Bewirtschaftung unserer Schalenwildbestände" sehr gut erreicht ist).

Die Praxis, die Jägerschaft also, sollte man in einem derartigen Werk durchaus auch mit moderneren Problemen und Möglichkeiten einer Jagd-Wirtschaft konfrontieren. Da dies in einem gewissen Ausmaß in der Jagd-Presse bereits zunehmend erfolgt, verwundert es etwas, in einem Standardwerk keinerlei Kommentare etwa zu derzeitigen Diskussionen um den Trophäenwert bei der Abschußgestaltung zu finden (wie sie besonders durch BUBENIKS Aufsätze und Vorträge immer wieder neu entfacht werden).

Bedauerlich scheint auch die nur oberflächliche Behandlung des Sozialverhaltens, insbesondere der verwandtschaftlichen Beziehungen in Rehsippen, und möglicher Folgerungen für durchzuführende Reduktionsabschüsse (worüber KURT ausführlich gearbeitet hat, aber kaum mehr als zitiert wird).

Weiter fehlt jede Würdigung des Beziehungskomplexes Wilddichte-Sozialverhalten-Fortpflanzungsleistung beim Reh (worüber ebenfalls KURT eine für die Praxis vermutlich noch wichtigere Arbeit publiziert hat).

Um noch ein 3. Beispiel zu erwähnen: Beide Bearbeiter nehmen Bezug auf die Erkenntnisse, die besonders durch den Kaler Totalabschuß möglich wurden. LETTOW-VORBECK erwähnt auch das hohe Fehler-% der vorher durchgeführten Zählung, betont u. E. aber nicht genug, daß das durchaus nicht am speziellen Unvermögen der zuständigen dänischen Jäger lag, sondern allgemein gilt, auch für die deutsche Praxis, was er durch entsprechende Beispiele aus deutschen Revieren hätte ergänzen können.

Allgemein ist vielleicht zu beanstanden, daß durchgehend der Eindruck entsteht, beim Rehwild seien eigentlich alle Probleme gelöst — und das sind sie, wenn wir auch nur an die unzureichende Wildzählungsmethodik denken, wohl durchaus noch nicht.

HARTMUT GOSSOW / JOCHEN HEUVELDOP

**Urwald von morgen.** Bannwaldgebiete der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Ein Beitrag zum Europäischen Naturschutzjahr 1970. Text von HERMANN DIETERICH, SIEGFRIED MÜLLER und GERHARD SCHLENKER; Fotos von FRITZ HOCKENJOS, KARL HOCH, PAUL KIRSCHFELD, REINHOLD JAHN und HERMANN DIETERICH. 174 Seiten mit 64 Fotos, 17 Kartenausschnitten und 4 Zeichnungen. Ln. DM 19,80. Verlag Eugen Ulmer, 7 Stuttgart 1, Postfach 1032.

Selten habe ich mich schon beim bloßen Durchblättern über ein Buch so gefreut wie über dieses. Dieser Eindruck wurde beim näheren Studieren nur noch verstärkt.

In unserer heutigen hochtechnisierten Welt, in der Hast und Unruhe, in dem ständigen Streß durch Lärm und Schmutz, ist im Grunde schon jeder Wald eine erholsame Oase für uns Stadtmenschen. Wer jedoch einmal einen Urwald, d. h. einen Nicht-Wirtschaftswald, ein Stück Natur also, das von Menschenhand ungerührt sich selber überlassen ist, besucht hat, der ist hingerissen von der Dynamik und der Mächtigkeit, die nun hier in aller Deutlichkeit dem Wanderer vergegenwärtigt werden.

So ist es besonders zu begrüßen, daß die Landesforstverwaltung von Baden-Württemberg in Zusammenhang mit dem Europäischen Naturschutzjahr 1970 weitere Teile bisheriger Wirtschaftswälder zu Bannwäldern erklärt hat.

Wo sind nun diese so ausgeschiedenen Gebiete, unsere zukünftigen Urwälder, zu finden, was können Besucher davon erwarten und vor welche Aufgaben hat sich die wissenschaftliche Forschung dort gestellt?

Diese Fragen werden im vorliegenden Buch kurz, dennoch sehr informativ beantwortet. Dabei sind sowohl botanische und waldgeschichtliche als auch die bodenkundlichen und geologischen Aspekte berücksichtigt worden.

Die ganz hervorragenden Fotographien vermitteln bereits in überaus beeindruckender Weise die Atmosphäre solch uriger Waldlandschaften.

Zuzüglich zu den genauen Beschreibungen erlauben die verkleinerten topographischen Kartenausschnitte dem Interessierten ein schnelles Auffinden der einleitend aufgezählten — insgesamt 40 — und in einer Kartenskizze des Landes Baden-Württemberg eingezeichneten Gebiete.

Im Vorwort von Landesforstpräsident HUBERT RUPF und dem Präsidenten des Verbandes Deutscher Gebirgs- und Wandervereine, Dr. h. c. GEORG FAHRBACH wird u. a. auch der wissenschaftliche Wert derartiger Totalreservate, wie es die Bannwälder darstellen, betont und auf die Tatsache, daß daraus wichtige Entscheidungshilfen für die Praxis abzuleiten sind, hingewiesen.

JOCHEN HEUVELDOP

**„Grün ist Trumpf"**, Handbuch für die Erhaltung einer gesunden Landschaft, von Oberförster und Landschaftsarchitekt WALDEMAR FRIEMER, Koblenz-Urbar 198 Seiten; Bezug: W. Friemer, 5411 Koblenz-Urbar, Monzental 1, DM 9,60 einschließlich Porto, Verpackung und Nachnahme.

Unter diesem Titel werden die Erfahrungen, die im Referat „Landschaftspflege" bei der Landsiedlung Rheinland-Pfalz in den letzten 15 Jahren gesammelt wurden in einer Reihe von Einzelbeiträgen mitgeteilt.

An diesem Erfahrungsbericht haben Land- und Forstwirte, sowie Vertreter des Gartenbaus und der Verwaltung mitgewirkt.

Den größten Raum nehmen bei der vorliegenden Schrift die Schutzpflanzungen in der Feldflur, die Einbindung von Gehöften und die Anlage von Feldgehölzen ein.

Anhand von Einzelbeispielen werden in anschaulicher Weise Bepflanzungspläne, Pflanzverfahren, Pflegemaßnahmen und Kosten aus der Sicht des erfahrenen Forstmannes dargestellt. Auch das Brachflächenproblem wird recht umfassend und von landwirtschaftlicher Seite mit wohltuender Deutlichkeit angesprochen.

Demgegenüber empfindet der Leser Abschnitte, wie etwa der Obstbau, das Nachbar- und Naturschutzrecht nur als am Rande behandelt. Wie überhaupt der Untertitel „ein Handbuch für die Erhaltung einer gesunden Landschaft" ein wenig mehr verspricht, als der Inhalt der Broschüre zu bieten vermag, weil zur Erhaltung einer gesunden Landschaft auch die Probleme der Wasserreinhaltung, der Lufthygiene, der Pestizidanwendung u. v. a. mehr gehören.

U. AMMER

## NOTIZEN

Am 7. bis 9. 6. 1971 findet in Freiburg/Br. *die Jahrhundertfeier der Baden-Württembergischen forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt* zusammen mit der Jahrestagung des Baden-Württembergischen Forstvereins statt.

Dabei werden Vorträge von

Herrn Prof. Dr. KAPP, Basel über „Umweltgefährdung und Nationalökonomie",

Herrn Landesforstpräsident RUPF, Stuttgart, über „Entwicklung und Aufgaben der FVA" und

Herrn Prof. Dr. KURTH, Zürich über „Organisation der forstlichen Forschung in Versuchsanstalten"

gehalten.

„Der WILHELM-LEOPOLD-PFEIL-PREIS der Stiftung F.V.S. zu Hamburg wurde auf Beschluß des Kuratoriums unter Vorsitz von Professor Dr. JULIUS SPEER für das Jahr 1970 dem Mitglied der Rumänischen Akademie für Land- und Forstwissenschaften Professor Dr. JON POPESCU-ZELETIN, Bukarest, in Anerkennung seiner wissenschaftlichen, didaktischen und organisatorischen Verdienste um die Forstwissenschaft und Forstwirtschaft Rumäniens zugesprochen.

Mit dem WILHELM-LEOPOLD-PFEIL-Preis werden alljährlich Persönlichkeiten ausgezeichnet, die sich um eine beispielhafte Waldwirtschaft in Europa besonders verdient gemacht haben.

Außer diesem Preis erhalten drei junge Forstleute — ein Tscheche und zwei Deutsche — je ein Stipendium für eine Studienreise.

Die feierliche Überreichung der Auszeichnung erfolgte am Freitag, dem 20. November 1970, durch den Rektor Professor Dr. HANSJÜRG STEINLEIN in der Aula des Kollegiengebäudes I der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg im Breisgau."

E. KENNEL

In Villingen/Schwenningen wurde am 3. 12. 1970 das „Institut für Umweltforschung" gegründet, an dem Vertreter der Arbeitsgruppe Landespflege der Universität Freiburg, das Institut für Städtebau und Raumordnung, Stuttgart, die Forschungsstelle für Standortskunde der Universität Hohenheim und andere Organisationen beteiligt sind. Im Institut für Umweltforschung sollen in den nächsten Jahren wissenschaftliche Grundlagen für Maßnahmen in der Stadt- und Regionalplanung erarbeitet werden, die zur Beseitigung oder Verminderung von Umweltschäden führen. Dabei ist eine enge Kooperation zwischen Untersuchungen über ökologische Probleme und die wirtschaftliche Entwicklung ins Auge gefaßt.

Die Leitung des Instituts haben Herr Oberregierungsrat Dr. ZEPF, Stuttgart, und Herr Oberforstrat Dozent Dr. AMMER, Freiburg.

---

### Mitteilung des Verlages

Auf Grund des § 5, Absatz 2, des Hessischen Gesetzes über Freiheit und Recht der Presse in der Fassung vom 20. 11. 1958 gebe ich bekannt: Alleiniger Inhaber und Geschäftsführer von J. D. Sauerländer's Verlag ist Verleger ALBRECHT GRUBER, wohnhaft in Frankfurt am Main.

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 25 08. — Printed in Germany.

# Forsteinrichtung in Hessen

## 1946-1966

von Oberlandforstmeister a. D. O. NEUHAUS, Gießen

kart. 70 Seiten, Preis ca. DM 15,80

Zweifel darüber, ob der Forsteinrichtung noch eine wesentliche Bedeutung zukomme und ob sie ihren Aufwand lohne, sind weit verbreitet. Diesen Zweifeln will der Verfasser, der von 1948 bis 1966 die Hessische Forsteinrichtungsanstalt mit einer kurzen Unterbrechung leitete, mit der vorliegenden Schrift begegnen.

Er umreißt eingangs die Situation der Forsteinrichtung im Jahre 1945 und geht zunächst auf Organisationsfragen der Forsteinrichtung ein. Dann werden die Einrichtungsarbeiten in Hessen während der Nachkriegszeit, die Bestandsinventur 1946 und die vorläufigen Nutzungsregelungen sowie die Betriebsregelungen im Staatswald ab 1949 geschildert; kurz werden die Betriebsregelungen im Nichtstaatswald behandelt. Abschließend wird zu den zusätzlichen Arbeitsgebieten der Forsteinrichtungsanstalt, wie Waldwertschätzung und Versuchswesen, Stellung genommen.

Hauptthema der Abhandlung sind die Betriebsregelungen im Staatswald. Konzeption, Methode sowie die wichtigsten Ergebnisse des Forsteinrichtungsumlaufs 1950/60 werden erörtert. Dabei tritt der Verfasser u. a. für eine weitgehende Lockerung des Nachhaltsprinzips im einzelnen Forstamt zugunsten des Prinzips der Wirtschaftlichkeit, für eine lediglich großräumige Nachhaltskontrolle und für eine standörtlich differenzierte Wirtschaftsintensität unter Verzicht auf höchste Holzerträge ein. Die Bedeutung der nichterwerbswirtschaftlichen Funktion des Waldes wird besonders betont. In Anbetracht der Unsicherheit, die allen Prognosen, Zielsetzungen und Methoden anhaftet, will der Verfasser die Planungen auf das Notwendigste beschränkt wissen und hält in Konsequenz von alledem ein vergleichsweise einfaches Forsteinrichtungsverfahren für vertretbar.

Was von den in der hessischen Forsteinrichtung praktizierten herkömmlichen und neuen Vorstellungen zweckmäßig, was unzulänglich ist, darüber wird der Leser unterschiedlich urteilen je nach der Auffassung, die er hinsichtlich der zukünftigen Aufgaben des Waldes und der besten Art ihrer Lösung glaubt vertreten zu sollen.

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG, FRANKFURT AM MAIN

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG






INHALTSVERZEICHNIS



142. JAHRGANG 1971 HEFT 2 FEBRUAR

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.




**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 2 des 142. Jahrganges sind:**


Alparslan Akca, Institut für Forsteinrichtung und forstl. Betriebswirtschaft der Universität 78 Freiburg, Bertoldstr. 17

Dr. D. Bergel, Göttingen, Grätzelstr. 2

P. H. Dong, Inst. f. Forsteinrichtung u. Forstl. Ertragskunde 34 Göttingen, Büsgenweg 5

Prof. Dr. H, Kramer 34 Göttingen, Büsgenweg 5

Forstmeister H. J. Rusack, Inst. f. Forsteinrichtung und Forstl. Ertragskunde 34 Göttingen, Büsgenweg 5

Oberforstmeister Dr. G. Seibt, Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt Abt. A-Ertragskunde 34 Göttingen, Grätzelstr. 2

Dr. U. Winkler, Göttingen, Grätzelstr. 2


**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**


Prof. Dr. H. Lamprecht, 351 Hann.-Münden, Werraweg 1

Prof. Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17




**Beilagenhinweis**

Diesem Heft liegt das Inhaltsverzeichnis des **141.** Jahrgangs (1970) der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung bei.

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, **Schloß.**

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), **Frankreich.**

# Untersuchung der Baumqualität in weitständig begründeten Fichtenbeständen

**Herrn Professor Dr. R. SCHOBER zur Vollendung seines 65. Lebensjahres gewidmet.**

(Aus dem Institut für Forsteinrichtung und Forstliche Ertragskunde der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen)

(Mit 8 Abbildungen und 2 Tabellen)

Von H. KRAMER, P. H. DONG und H. J. RUSACK

## 1. Vorwort

Im Mai 1969 stellte der deutsch-schwedische Arbeitskreis „Mechanisierung der Behandlung von Beständen" anläßlich seiner zweiten Arbeitstagung eine Reihe von Schwerpunktfragen heraus, deren gemeinsame Behandlung vordringlich erschien. An erster Stelle wurde hierbei folgendes Thema genannt: Untersuchung der Baumqualität in weitständig begründeten Fichten- und Kiefernbeständen (Erfassung und Auswertung vorhandener Bestände). Aufgrund dieser Anregung wurden im Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Universität Göttingen in den Jahren 1969 und 1970 Qualitätserhebungen in weitständig gepflanzten Fichtenbeständen in den Ländern Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz durchgeführt. Dank der entgegenkommenden Unterstützung der Landesforstverwaltungen sowie verschiedener kommunaler und privater Forstverwaltungen konnte eine große Anzahl geeigneter Objekte untersucht werden. An dieser Stelle möchten wir aufrichtig den Herren danken, die uns bei der Suche nach weitständig begründeten Fichtenbeständen unterstützten und uns die Aufnahme der für die Untersuchung geeigneten Flächen ermöglichten. Unser besonderer Dank gilt hier Herrn Landforstmeister KREMSER (Hannover), Herrn Oberlandforstmeister Dr. KUBA (Braunschweig), Herrn Landforstmeister ROST und Herrn Landforstmeister Dr. WEIHE (Düsseldorf) sowie Herrn Landforstmeister Dr. PETRI (Mainz). Besonders wertvoll war uns die Unterstützung durch die Herren Revierverwalter, denen wir gleichzeitig viele wichtige Angaben und Anregungen verdanken. Für ihre freundliche Hilfe danken wir den Herren Oberforstmeister BEISE (FA Prüm-Nord), Forstmeister DERTZ (FA Gahrenberg), Oberforstmeister EINHOFF (Stadtforstamt Brilon), Oberforstmeister ERLER (FA Waldbröl), Oberforstmeister v. GARSSEN (FA Harpstedt), Forstmeister GERBAULET (FA Olpe), Oberforstmeister HABBEL (FA Altenkirchen), Oberforstmeister HOSIUS (FA Prüm-Süd), Forstassessor KEIMER (FA Palsterkamp), Oberforstmeister Dr. KLEINSCHMIT (FA Escherode), Oberforstmeister Dr. v. KORTZFLEISCH (FA Lautenthal), Oberforstmeister Dr. MEYER (Graf v. Westphalen'sches FA Fürstenberg), Oberforstmeister MEYER (FA Hilchenbach), Oberforstmeister NEUSER (FA Hermeskeil), Oberforstmeister PETERS (FA Olpe), Oberforstmeister zum SANDE (FA Attendorn), Oberforstmeister WIEBALCK (FA Rosengarten), Oberforstmeister Frhr. v. WREDE (FA Neuenheerse). Bei den Außenaufnahmen und den Auswertungsarbeiten halfen uns die Studenten bzw. ehemaligen Studenten JACQUES ANTOINE, GÜNTHER COHRS, KLAUS HANNO, OLA HUKE, Frl. DAGMAR LEICHSENRING, CLAUS LINKE-FROHWEIN, LÜDEKE Frhr. v. MALTZAHN, GERHARD MÜLLER, STEPHAN VERHOFF, STEFAN WIGAND. Ihre sehr interessierte und sorgfältige Arbeit sei hier dankend anerkannt. Unser Dank gilt weiter Herrn Oberförster RANG für die Durchführung von Messungen an liegendem Fichtenstammholz. Frau RANG, Frau SCHULZ und Fräulein ADAMOWSKI danken wir für die sorgfältige Durchführung der Zeichen- und Schreibarbeiten.

Unsere Untersuchungen wurden aus Mitteln des Niedersächsischen Zahlenlottos gefördert.

Auf Wunsch des Herausgebers und des Verlegers mußte auf die Wiedergabe einer größeren Anzahl von Tabellen mit statistischen Kennziffern über die untersuchten Bestände verzichtet werden. Die Hauptergebnisse dieser Tabellen werden im Text besprochen sowie in einigen Abbildungen berücksichtigt.

## 2. Problemstellung der Untersuchung

### 2.1 *Rationalisierung der Fichtenwirtschaft durch Wahl geeigneter Pflanzverbände*

In den letzten Jahren wurde gleichzeitig in vielen Ländern Europas von Wissenschaft und Praxis die Frage der Rationalisierung der Fichtenwirtschaft sehr lebhaft diskutiert. Aus verschiedenen Gründen wird eine Erweiterung der Pflanzverbände empfohlen. Die Hauptgesichtspunkte sind hierbei folgende:

Weitverbände führen zu einer Einsparung von Kultur- und Läuterungskosten und ermöglichen bis zu bestimmten Verbandsweiten eine zufriedenstellende Massen- und Qualitätsleistung. Sie schränken die Schwachholzproduktion ein und bewirken schließlich eine Erhöhung der Betriebssicherheit. Wegen seiner betrieblichen Vorzüge wird in zunehmendem Umfang in der Bundesrepublik und neuerdings auch in der DDR (18) der weite Reihenverband empfohlen. Als zusätzliche Vorteile dieses Verbandes werden betriebliche Gesichtspunkte angeführt wie Vereinfachung der Schlagabraumbeseitigung, Einsparung von Laufwegen bei Kulturbegründung und Pflege, bessere Begehbarkeit (bzw. Befahrbarkeit im Kulturstadium) des Bestandes.

Die Angaben über die angestrebte Pflanzenzahl schwanken. In der Bundesrepublik werden für normale Verhältnisse 3000 bis 5000 Pflanzen je ha verwendet, wobei man in Norddeutschland mehr den unteren Rahmen anstrebt. In der DDR empfiehlt neuerdings WAGENKNECHT (18) für die reine Holzproduktion in Abhängigkeit von der Standortsgüte, dem Pflanzenalter und der Größe der Fichtenpflanzen Zahlen zwischen 2222 (bei Großpflanzen) und 3700 Stück je ha. In Dänemark, Schweden und Groß-Britannien werden noch weitere Verbände bevorzugt.

Wegen seiner vielfältigen Vorzüge ist inzwischen in vielen Betrieben der weite Reihenverband eingeführt worden. Der Abstand zwischen den Reihen liegt hierbei i. a. zwischen 2,50 m und 3,00 m. Zur Erhöhung der Bestandessicherheit wird im Harz z. T. sogar ein 4-m-Reihenabstand verwendet.

### 2.2 *Probleme bei der Prüfung des Einflusses der Weitverbände auf die Qualität des Fichtenholzes*

Gegen die Anwendung weiter Verbände, vor allem weiter Reihenverbände, wird von Seiten der forstlichen Praxis häufig eingewendet, daß diese zu einer deutlichen Qualitätsverschlechterung durch größere Aststärke und Schaftovalität führen.

Wie verschiedene Forscher festgestellt haben, steigt die Aststärke der Fichte mit zunehmender Baumhöhe. Auf die Aststärke in den höheren Stammabschnitten wirkt sich neben dem Ausgangsverband in vermehrtem Ausmaß die spätere Bestandesbehandlung aus. NYLINDER (15) wies so am Beispiel des Fichtenverbandsversuches in Omberg/Schweden nach, daß die durch weiteren Pflanzabstand bedingte größere Aststärke in Brusthöhe bereits in 5 m Höhe weitgehend ausgeglichen war. So war die mittlere Aststärke des 2 x 2 m-Verbandes in 1,3 m Höhe um 3,9 mm stärker als die des 1,5 x 1,5 m-Verbandes. Schon in 5 m

Höhe war dieser Unterschied fast völlig verschwunden und betrug nur noch 0,6 mm.

Bei Untersuchungen über die Baumqualität in mittelalten und älteren Fichtenbeständen darf man sich daher nicht auf die Aststärke in Brusthöhe beschränken, sondern muß vor allem die Äste in einem höheren Baumabschnitt (z. B. in 5 m Höhe) begutachten.

Nach den Untersuchungen von MRÁČEC (14, 11) in der Tschechoslowakei haben offenbar Standort und Provenienz einen größeren Einfluß auf die Ästigkeit eines Bestandes als sein Ausgangsverband. Das bedeutet, daß man aus einzelnen in einem bestimmten Verband begründeten Beständen keine allgemeinen Rückschlüsse über die Auswirkung des Verbandes auf die Ästigkeit ziehen kann. Um diese prüfen zu können, muß neben dem jeweiligen Weitverband ein vergleichsfähiger Engverband untersucht werden. Fernerhin sind die in einem bestimmten Gebiet gewonnenen Erkenntnisse nicht ohne weiteres auf andere Gebiete übertragbar. So brauchen z. B. die in der Tschechoslowakei oder in Baden-Württemberg (1) erzielten Ergebnisse nicht für Norddeutschland zu gelten.

MRÁČEC (14, 11) untersuchte in Böhmen und Mähren in 22 Beständen der II. und IV. Altersklasse die Auswirkung des Ausgangsverbandes auf die Massen- und Qualitätsleistung. Die Pflanzenzahlen bei der Begründung lagen zwischen 2200 und 10 000 Stück je ha. Mit Ausnahme eines Reihenverbandes (3,2 x 1,0 m) handelte es sich um Quadrat- und Rechteckverbände. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind: Eine Abhängigkeit der Gesamtwuchsleistung von der Ausgangspflanzenzahl ist nicht festzustellen. Mit zunehmendem Pflanzenabstand steigt die Starkholzproduktion. Der Einfluß des Pflanzverbandes auf die Qualität ist gering.

MRÁČEC ermittelte als Gütemaßstab die Anzahl der feinästigen Bäume je ha. Nur bei den jüngeren Beständen konnte z. T. als Folge des weiteren Verbandes eine gewisse Stammzahlverringerung bei den „Qualitätsbäumen" festgestellt werden. Bei den älteren, bereits stammzahlärmeren Beständen war die Anzahl der feinästigen Bäume unabhängig vom Ausgangsverband etwa gleich hoch. Hier erbrachte auf gleichem Standort der weite Kulturverband (mit 2500 Pflanzen je ha) die gleiche Zahl von Qualitätsbäumen wie der Engverband (mit 10 000 Pflanzen) und der weite Reihenverband (3,2 x 1 m = 3125 Pflanzen je ha) unterschied sich in seiner Qualität nicht von dem engen Quadratverband (1,0 x 1,0 m = 10 000 Pflanzen je ha).

Der in jungen Beständen bemerkbare, vielfach von Standort und Provenienz überdeckte Einfluß des Ausgangsverbandes auf die Anzahl der Qualitätsbäume eines Fichtenbestandes wird also offenbar durch die späteren Pflegehiebe weitgehend beseitigt. Es erscheint daher wichtig, sich bei der Qualitätsansprache jüngerer Fichtenbestände auf die wahrscheinlichen Endbestandsmitglieder zu konzentrieren.

ABETZ und MERKEL (1) ermittelten in 8 Reihenbeständen und in 7 Quadrat- und Rechteckverbänden die mittlere maximale Aststärke an der Astbasis in verschiedenen Stammhöhen. Sie stellten fest, daß bei Reihenverbänden von 2,5 x 1,0 m die maximale Aststärke die 20 mm-Grenze erst in 8 m Stammhöhe überschreitet. Bei den weiteren Reihenverbänden von 3,0 x 1,0 m und 4,0 x 1,2 m überschreiten die Äste diese kritische Durchmessergrenze in geringerer Höhe (3 - 5 m). WAGENKNECHT (18) weist darauf hin, daß nach diesen Untersuchungen auch bei den weiteren Reihenverbänden in 8 und 9 m Höhe erst ein Astdurchmesser von etwa 25 mm erreicht wird und somit auch dieses Stammholz nach den Sortierungsvorschriften der DDR in die Langholzsorte B eingestuft wird. ABETZ und MERKEL empfehlen aufgrund ihrer Untersuchung, Reihenverbände unter 3 m Reihenabstand zu wählen. WAGENKNECHT dagegen schließt aus denselben Untersuchungen, daß man Reihenabstände bis einschließlich 3 m wählen kann, ohne ins Gewicht fallende Qualitätsverschlechterungen in Kauf nehmen zu müssen.

Diese — allerdings unwesentlich — unterschiedliche Auslegung derselben Untersuchungsergebnisse zeigt ein weiteres Problem bei der Untersuchung des Einflusses verschiedener Ausgangsverbände auf die Baumqualität der Fichte: Es ist der Maßstab für die Qualitätsansprache.

Bereits die Untersuchungen von TAFFE (17) ergaben, daß der Ast ausschlaggebend für die Bewertung des Fichtenschnittholzes ist. Entsprechend der sogenannten Tegernseer Gebräuche wird der größte Teil des zu Brettern und Bohlen eingeschnittenen Fichten-Stammholzes nach Zifferngüteklassen (0 - IV) sortiert (5). Ein wichtiges Merkmal für die Sortierung bildet die Anzahl und Stärke der Durchfalläste. Bei der Güteklasse I sind je lfd. m ein kleiner Durchfallast, bei Güteklasse II je lfd. m zwei kleine Durchfalläste zugelassen. Bei Güteklasse III sind bereits vereinzelte mittelgroße, lose Äste gestattet. Hierbei gelten als kleine Äste solche bis zu 20 mm Durchmesser (gemessen wird jeweils der kleinste Durchmesser), als mittelgroße Äste solche mit einem Durchmesser über 20 bis 40 mm und als große Äste solche mit einem Durchmesser von über 40 mm.

Sehr problematisch ist die Übertragung der außerhalb des Baumes meßbaren Aststärke auf die innere Ästigkeit. TAFFE (17) führt hierzu aus: „Leider ist es nicht gelungen, straffe gesetzmäßige Beziehungen zwischen dem Durchmesser der äußeren am Stamm noch vorhandenen Äste und dem Durchmesser der Äste im Schnittholz festzustellen. Ganz allgemein kann aber gesagt werden, daß den stärkeren Ästen außen auch Äste mit stärkeren Durchmessern im Schnittholz entsprechen. Es ist jedoch keineswegs so, daß der Durchmesser eines inneren Astes etwa einen bestimmten Prozentsatz des äußeren beträgt. Das Verhältnis schwankt zwischen 1 : 1 bis 1 : 3". Der innere Ast ist im allgemeinen also genauso stark oder schwächer als der äußere Ast, er nimmt — wie TAFFE ausführt — außerdem von der Stammperipherie nach dem Zentrum hin ab. Bei sehr alten Fichten kann im übrigen der Durchmesser des äußeren Astes, bedingt durch die allmähliche Abnahme des Astdurchmessers in Richtung Astspitze und durch Vermorschung, geringer geworden sein.

Trotz dieser Schwierigkeit, von der äußeren Ästigkeit auf die innere Ästigkeit zu schließen, wird von verschiedenen Forschern der Durchmesser (ohne Rinde) der äußeren Äste an der Astbasis als Qualitätsmaßstab verwendet. MRÁČEC, ABETZ und MERKEL verwenden als kritische Grenze die mittlere maximale Aststärke von 20 mm im Anhalt an die in den Tegernseer Gebräuchen verwendete Aststärkeneinteilung.

Die Verwendung eines Mittelwertes, wie z. B. die mittlere maximale Aststärke, ist geeignet, einen Qualitätsvergleich zwischen vergleichsfähigen Beständen (etwa gleiches Alter, gleicher Standort und gleiche Provenienz) vorzunehmen. Sie sagt aber noch nichts über die Anzahl von Bäumen mit verschiedener Güteklasse aus. Daher erscheint es wertvoll, neben der Angabe des durchschnittlichen maximalen Astdurchmessers auch die Zahl der Bäume mit kleinen, mittleren und starken Ästen zu ermitteln.

### 2.3 *Ermittlung eines Maßstabs zur Qualitätsbestimmung von stehenden Fichtenbäumen*

Entsprechend den Sortierungsvorschriften unterscheidet man beim Fichtenlangholz im wesentlichen die beiden Sortimente B und C. Für das C-Holz wird gegenüber dem B-Holz gleicher Durchmesserstärke i. a. ein Preisnachlaß von 15 % gewährt. Beim Fichtenlangholz bildet die Ästigkeit den wichtigsten Maßstab bei der Sortierung. Bäume mit kleinen und mittelstarken Ästen werden als B-Holz, solche mit starken Ästen als C-Holz eingeordnet. Eine absolute Festlegung dieser Aststärkeklassen gibt es allerdings nicht. Trotz dieser etwas unbefriedigenden Sortierungsvorschrift hat sich

beim Fichtenlangholz in der Praxis des Forstbetriebes eine verhältnismäßig einheitliche Sortierung eingebürgert, die die gesamte Ästigkeit der Stämme bis zum Zopfende berücksichtigt. Auf der Suche nach einem geeigneten Beurteilungsmaßstab für die Ästigkeit stehender Fichten wurde eine Voruntersuchung durchgeführt. In 7 Endnutzungsschlägen des Forstamtes Hardegsen wurden 88 Stämme ausgewählt, die vom Stammfuß bis zum Zopfende in einem Stück ausgehalten und einer Güteklasse (B- oder C-Holz) zugeteilt waren. Die genutzten Bestände unterschieden sich infolge der üblichen Unterschiede des Standorts, der Bestandesbehandlung und der Provenienz in ihrer Qualität.

Bei den einzelnen Probebäumen wurde — getrennt für B- und C-Holz — der stärkste Astdurchmesser an der Astungsstelle knapp 5 m vom Stammfuß entfernt (entspricht etwa 5 m über dem Boden beim stehenden Baum) ermittelt. An derselben Stelle wurde der mittlere Stammdurchmesser ohne Rinde gemessen. Der durchschnittliche maximale Astdurchmesser bei 5 m Höhe lag für das B-Holz bei 14,9 mm und für das C-Holz bei 35,6 mm. Die Standardabweichung betrug beim B-Holz ± 3,68 mm und beim C-Holz ± 13,44 mm. Es wird deutlich, daß die Streuung der Aststärken beim C-Holz erheblich höher ist als die beim B-Holz.

In Abbildung 1 wurde — getrennt für die B- und die C-Stämme — die maximale Aststärke in 5 m Höhe über dem entsprechenden Durchmesser eingetragen. Aus dieser Darstellung ist zu erkennen, daß die Astdurchmesser beim B-Holz unabhängig vom Stammdurchmesser 8 bis 22 mm betragen. Beim C-Holz nimmt offenbar die Aststärke mit dem Durchmesser zu. Diese Zunahme ist sicher dadurch bedingt, daß die stärkeren C-Stämme oft Randbäume sind, an denen die Äste länger leben. Die Astdurchmesser beim C-Holz liegen zwischen 19 mm und 64 mm. Da der durchschnittliche maximale Astdurchmesser beim C-Holz weitgehend durch die starken Äste der Randstämme bestimmt wird, sind Durchschnittswerte als Gütemaßstab nicht zu verwenden. Wichtiger sind vielmehr die Grenzwerte der Aststärken zwischen den Güteklassen B und C. Besonders aufschlußreich ist daher die Tatsache, daß die maximale Aststärke von 20 mm in 5 m Höhe unabhängig vom Stammdurchmesser eine gute Grenzlinie zwischen den B- und C-Stämmen bildet.

Diese Erkenntnis deckt sich gut mit den oben erwähnten Güteanforderungen von WAGENKNECHT.

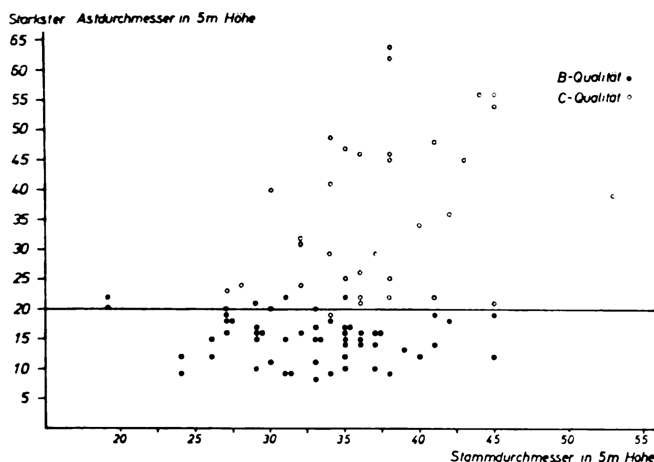



Abbildung 1

*Maximaler Astdurchmesser an der Astbasis ca. 5 m über dem Fällschnitt bei aufgearbeitetem Fichtenstammholz.*

Der Astdurchmesser bei den C-Holz-Stämmen liegt steigend mit dem Stammdurchmesser in 5 m Höhe zwischen 19 und 64 mm. Der Astdurchmesser bei den B-Holz-Stämmen variiert unabhängig vom Stammdurchmesser zwischen 8 und 22 mm. Die maximale Aststärke in 5 m Höhe bildet unabhängig vom Stammdurchmesser eine gute Grenzlinie zwischen B- und C-Holz-Stämmen.

Maximal branch-diameter at the branch basis 5 metres above the felling cut of Norway-spruce trunks divided in B- and C-quality.

Für unsere Qualitätsansprache bei Fichtenbeständen konnten wir uns aufgrund dieser Untersuchung im wesentlichen auf die Messung der Aststärke in 5 m Höhe beschränken. Der bereits von ABETZ und MERKEL sowie von MRÁČEC verwendete kritische Aststärkendurchmesser von 20 mm scheint dabei ein guter Maßstab für die Gütesortierung des gesamten Baumes zu sein.

### 2.4 *Aufgabenstellung*

Die bisherigen Untersuchungen über den Einfluß weiter Verbände auf die Qualität des Fichtenholzes und hierbei insbesondere die Arbeiten von ABETZ und MERKEL, von MERKEL (13) und von MRÁČEC haben bereits sehr interessante Ergebnisse gebracht. Sie haben aber auch gezeigt, wie begrenzt die Aussagekraft dieser Untersuchungen an relativ wenig Beständen sein muß. Besonders der offenbar große Einfluß von Standort und Provenienz erlaubt es nicht, hieraus allgemeine Folgerungen für Nord- und Westdeutschland zu ziehen. Diese Arbeiten regten aber an, ähnliche Untersuchungen an Hand eines größeren Materials in den nord- und westdeutschen Ländern durchzuführen. Hierbei sollte durch Aufnahme von vergleichbaren engbegründeten Beständen nach Möglichkeit der Einfluß von Standort, Bestandesalter und Herkunft ausgeschaltet werden. Ferner war die Wirkung des Verbandes auch an Extremen zu prüfen. Nach Möglichkeit sollten Bestände in allen Altersklassen erfaßt werden. Der heutigen Bevorzugung der Reihenverbände entsprechend sollte sich die Untersuchung vorwiegend mit Reihenverbänden befassen. Um die bisher noch nicht näher untersuchte Frage, inwieweit der enge Abstand in der Reihe auch die Aststärke quer zur Reihe beeinflußt, behandeln zu können, wurden auch einige weite Rechteck- und Quadratverbände aufgenommen. Schließlich sollte die Untersuchung einen Überblick über die Verwendung weiter Verbände, insbesondere weiter Reihenverbände, in Nordwestdeutschland geben.

## 3. **Untersuchungsmaterial**

### 3.1 *Allgemeines*

Unsere Erhebungen ergaben, daß im nordwest- und westdeutschen Raum viel mehr im Weitverband begründete Fichtenbestände vorkommen als wir zunächst annahmen. Sicherlich gibt es darüberhinaus noch mehr weite Reihen- und Quadratverbände, die aber nicht bekannt sind, da sich das äußere Bild dieser Bestände durch die späteren Pflegeeingriffe derartig verändert hat, daß heute kein auffallender Unterschied gegenüber relativ eng begründeten Beständen zu erkennen ist.

Von den vielen uns benannten weitständig begründeten Fichtenbeständen konnten wir bei unserer Untersuchung nur einen Teil berücksichtigen. So schieden von vornherein alle die Bestände aus, bei denen kein nach Alter und Standort vergleichsfähiger, aus einem „Normalverband" (etwa 1,5 x 1,5 m) entstandener Bestand gleichzeitig untersucht werden konnte. Ebenso wurden die Bestände nicht aufgenommen, bei denen ein früherer Zwischenstand (meist von Laubholz) das Wachstum der Fichte beeinflußt haben könnte. Einen begrenzenden Faktor für unsere Untersuchungen bildete schließlich der Kosten- und Zeitaufwand.

### 3.2 *Die untersuchten Bestände*

Insgesamt wurden 71 Bestände in den Ländern Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz untersucht. Die geographische Lage der Untersuchungsobjekte ist in Abbildung 2 wiedergegeben.

Die Gesamtzahl der untersuchten Bestände gliedert sich in 35 Reihenverbände, 10 weite Quadrat- und Rechteckverbände und 26 enge und mittlere Quadrat- und Rechteckverbände bzw. Saaten.

Die 35 Reihenbestände haben ein Alter zwischen 33 und 119 Jahren. Auf die Altersklasse II (21 - 40 Jahre) entfallen 5,

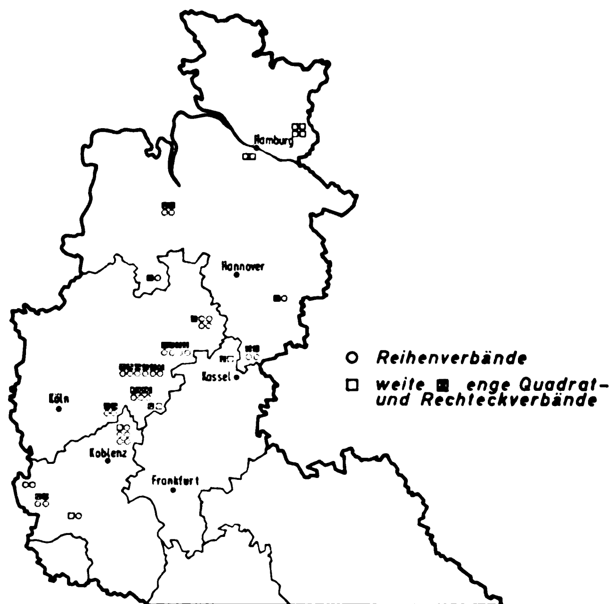



Abbildung 2
*Geographische Lage der untersuchten Bestände*
Geografical situation of the sample plots

auf die Altersklasse III (41 - 60 Jahre) 8, auf die Altersklasse IV (61 - 80 Jahre) 14, auf die Altersklasse V (81 - 100 Jahre) 2 und auf die Altersklasse VI (101 - 120 Jahre) 6 Bestände. Der Abstand zwischen den Reihen variiert zwischen 2 m und 6 m. Im einzelnen wurden Bestände untersucht mit einem

| | |
|---|---|
| Reihenverband von 2,5 m und weniger | : 5 |
| Reihenverband von 2,9 und 3,0 m | : 9 |
| Reihenverband von 3,3 bis 3,7 m | : 4 |
| Reihenverband von 4 m | : 7 |
| Reihenverband von 5 m | : 8 |
| Reihenverband über 5 m | : 2 |

Der Pflanzabstand in den Reihen liegt zwischen 0,75 und 1,75 m. Die Pflanzenzahlen bei den Reihenverbänden betragen 5200 (Verband 2,4 x 0,8 m) bis 1100 (6,0 x 1,5 m) Stück je ha.

Die weiten Quadrat- und Rechteckverbände haben ein Alter von 31 bis 92 Jahren. Ihre Pflanzabstände liegen zwischen 2,0 und 4,5 m. Die als Vergleichsbestände aufgenommenen engen und mittleren Quadrat- und Rechteckverbände haben Pflanzabstände zwischen 1,0 und 2,0 m. Die Pflanzenzahlen bei der Kulturbegründung variierten bei den Quadrat- und Rechteckverbänden zwischen 10 000 (Verband 1,0 x 1,0 m) und 630 (Verband 4,5 x 3,5 m) Stück je ha. Fernerhin wurde ein Saatbestand aufgenommen.

Die Klima und Boden charakterisierenden Daten der Tabelle 1 lassen auf eine breite Streuung der Standorte schließen. Diese Unterschiede mindern die direkte Vergleichbarkeit der Prüfbestände und verlangen eine Relativierung der Informationen mit Hilfe von Vergleichsbeständen. Die untersuchten Bestände verteilen sich wie folgt auf die Ertragsklassen:

| | I,0 | I,5 | II,0 | II,5 | III,0 EKl. | Sa |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a) Reihenverbände | 16 | 6 | 4 | 7 | 2 | 35 |
| b) weite Quadrat- und Rechteckverbände | 5 | 4 | 1 | — | — | 10 |
| c) Vergleichsbestände | 8 | 6 | 6 | 4 | 2 | 26 |
| Sa | 29 | 16 | 11 | 11 | 4 | 71 |

### 3.3 *Weiteres Vorkommen von Fichtenreihenbeständen*

Im Abschnitt 3.1 wurden bereits die Gründe aufgeführt, die es nicht gestatteten, alle benannten Weitverbände zu untersuchen. Außer den in Tabelle 1 aufgeführten Beständen wurden in Niedersachsen weitere Reihenverbände bis zu 5 m Reihenabstand in den Forstämtern Bleckede, Harpstedt, Lautenthal und Wenzen gemeldet.

In Hessen wurden seinerzeit im Gahrenberg von Oelkers (16) in größerem Umfang Fichten im 2,5 x 2,5 m-Verband gepflanzt. Auf diese Aufforstungen ist Bergel (2) ausführlich eingegangen. Er konnte feststellen, daß der weite Quadratverband aufgrund der stärkeren Astdurchmesser eine deutliche Qualitätsminderung gegenüber dem Normalverband aufweist. Aus der Literatur (10) ist ferner ein Fichtenaltbestand im Forstamt Dillenburg bekannt, der nach Ausfall der Tannenzwischenreihen im Verband 4 x 2 m aufgewachsen ist. In einigen Forstämtern Hessens ist offenbar früher schon der 3 m-Reihenverband verwendet worden. Nach einer Auskunft von Oberforstmeister Dr. Weber gibt es im Forstamt Brandoberndorf etwa 20 ha ca. 60 Jahre alter Fichtenbestände, die im 3 x 1 m-Verband begründet wurden und hinsichtlich ihrer Qualität vollauf befriedigen.

In den bereisten Forstämtern von Rheinland-Pfalz konnten längst nicht alle weiten Reihenverbände berücksichtigt werden. Außer in den erfaßten Forstämtern gibt es z. B. im Forstamt Kastellaun einen Fichtenbestand aus weitem Reihenverband (4 m Reihenabstand).

Besonders häufig wurde schon früher der weite Reihenverband in Nordrhein-Westfalen verwendet. Eine große Anzahl derartig begründeter Fichtenbestände kommt im Sauerland in den Forstämtern Olpe, Attendorn und Waldbröl vor.

In größerem Umfang wurden weite Reihenverbände auch im Eggegebirge (Forstamt Neuenheerse) verwendet. Dem Revierverwalter, Oberforstmeister Frhr. von Wrede, danken wir für eine Erhebung über die Verbreitung und Entstehung dieser Bestände. Die neubegründeten Jungbestände werden in nachstehender Übersicht nicht mehr berücksichtigt.

*Reihenverbände im Forstamt Neuenheerse*

| Altersklasse | II | III | IV | V | VI | VII u. älter | Sa AKl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zahl der Bestände | 1 | 3 | — | 4 | 10 | 9 | 27 |
| Gesamtfläche (ha) | 4,0 | 20,7 | — | 20,0 | 78,7 | 74,1 | 197,5 |

Mannigfaltig waren die Gründe zur Wahl eines weiten Reihenverbandes. Nach den Angaben von Frhr. von Wrede entstammen die heute über 80jährigen Fichtenbestände in Neuenheerse aus an Ort und Stelle gezogenem Pflanzenmaterial. Infolge eines häufiger auftretenden Pflanzenmangels wurden die Bestände in weiten Reihenverbänden gepflanzt. Die heute 21- bis 60jährigen Reihenbestände wurden aus Furcht vor einer zu starken Rohhumusbildung nach streifenweisem Zusammenschieben von Humus und Streu in Reihen gepflanzt. In anderen Forstämtern z. B. im Sauerland dürfte der angetroffene Reihenverband auf die mit Hilfe dieses Verbandes erfolgte Umwandlung von Niederwald in Fichte zurückzuführen sein. Vielfach findet man den weiten Fichtenreihenverband auch in Genossenschaftswäldern. Die Umwandlung wenig ertragreicher Laubwälder in Fichte konnte hier im vorigen Jahrhundert vielfach nur gegen einen relativ harten Widerstand der Bauern durchgeführt werden. Die Verwendung kostensparender weiter Reihenverbände bildete einen Kompromiß.

### 4. Methodik der Aufnahme

Die Bestandesaufnahmen erfolgten in den Jahren 1969 und 1970. Die Untersuchung erfaßte vorwiegend weite Reihenverbände. Daneben wurden jedoch auch einige besonders aufschlußreich erscheinende weite Quadrat- und Rechteck-Verbände aufgenommen.

Um bei der Beurteilung der Abhängigkeit der Baumqualität vom Ausgangsverband des Bestandes den Einfluß von Standort, Provenienz und Bestandesalter möglichst auszuschalten, wurden nur

**Tabelle 1:**
**Allgemeine Standortsangaben aller untersuchten Bestände**

| Obj.-Nr. | Forstamt | Revierförsterei Abt. | Bestand.-alter | EKl. | Höhe ü. NN | Standort Boden | 1. Jahresmitteltemp. 2. Mittl. Temp. i. d. Vegetationszeit 3. Jahresniederschl. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Gräfl. Westf. | Seedorf 113 a | 72 | I. | 40 | Diluvium, anlehmiger bis lehmiger Sand | 1. 7,8° |
| 2 | Forstamt | Seedorf 113 a | 72 | I. | 40 | | 2. 14,6° |
| 3 | Gräfl. Westf. | Seedorf 113 a | 72 | I. | 40 | | 3. 750-800 mm |
| 4 | Forstamt | Seedorf 113 a | 72 | I. | 40 | | |
| 5 | Rosengarten | 106 d | 92 | I,5 | | Diluvium, Warthevorstoß der Saale-Eiszeit | 1. 7,8° |
| 6 | Rosengarten | 106 d | 92 | I,5 | | schw. podsol. Sande | 2. 14,2° |
| | | | | | | | 3. 833 mm |
| 7 | Harpstedt | Fahrenhorst 163 c | 99 | I,5 | 40 | Diluviale Ablagerung der Saale-Vereisung | 1. 8,7° |
| 9 | Harpstedt | Fahrenhorst 165 b | 91 | II. | 40 | | 2. 14,9° |
| | | | | | | | 3. 670 mm |
| 8 | Harpstedt | Harpstedt 72 b | 64 | I. | 30 | Diluv. Ablagerungen d. Saale-Vereisung; | 1. 8,6° |
| 10 | Harpstedt | Harpstedt 72 b | 64 | I,5 | 30 | Flugsande ü. reich. Sand. | 2. 14,7° |
| | | | | | | | 3. 760 mm |
| 11 | Palsterkamp | Iburg 123 $a^2$ | 39 | 0,7 | 220 | Kalkgesteine aus dem oberen Jura — durch Löß- | 1. 8,0° |
| 12 | Palsterkamp | Iburg 124 a | 40 | 0,7 | 220 | und Geschiebelehm stark überdeckt, podsolierte | 2. 13,9° |
| | | | | | | Braunerdeböden. | 3. 815-825 mm |
| 13 | Lautenthal | 220 e | 107 | I,5 | 360 | Kulmgrauwacke, Konglomeratbänke, Sand bis | 1. 7° |
| 14 | Lautenthal | 220 e | 107 | I,5 | 350 | Feinsand, Lehm mit wechselndem Stein- u. | 2. 13,5° |
| | | | | | | Grusanteil | 3. 1200 mm |
| 15 | Escherode | Lutterberg 7 b | 105 | II,5 | 420 | mittl. Buntsandstein, anlehm. Feinsand, | 1. 6,9° |
| 17 | Escherode | Lutterberg 7 $b^1$ | 105 | II,5 | 420 | mitteltiefgründig, frisch, Stauwasser, feucht. | 2. 13,2° |
| | | | | | | | 3. 740 mm |
| 16 | Escherode | Landwehrhagen 8 $c_2$ | 90 | III. | 375 | geringe Lößlehmauflage auf Buntsandstein | 1. 6,9° |
| 18 | Escherode | Landwehrhagen 9 $a_1$ | 90 | II,5 | 360 | Pseudogley-Braunerde | 2. 13,2° |
| | | | | | | | 3. 740 mm |
| 19 | Gahrenberg | Wildhaus 58 c | 31 | II. | 365 | $sm_1$, Lößauflage ± 60 cm | 1. 7° |
| 20 | Gahrenberg | Wildhaus 87 c | 31 | II. | 325 | | 2. 14° |
| | | | | | | | 3. 850 mm |
| 21 | Neuenheerse | Torfbruch 106 | 106 | II,5 | 385 | Gaullt-Sandstein, lehm. Feinsand. | 1. 6,3° |
| 22 | Neuenheerse | Torfbruch 106 | 106 | II,5 | 385 | | 2. 12,9° |
| 23 | Neuenheerse | Torfbruch 106 | 106 | II,5 | 385 | | 3. 927 mm |
| 24 | Neuenheerse | Klusheide 191 e | 119 | III. | 330 | Gault-Sandstein ohne Auflage, lehm. Sand | 1. 6,3° |
| 25 | Neuenheerse | Klusheide 190 | 124 | III. | 330 | | 2. 12,9° |
| | | | | | | | 3. 927 mm |
| 26 | Brilon | Borberg 35 b | 45 | II. | 450 | Unter- bis Mitteldevon, Wissenbacher Schiefer. | 1. 7,1° |
| 30 | Brilon | Borberg 35 b | 42 | II. | 450 | Mitteltiefgründiger, frischer sandiger Lehm | 2. 13,2° |
| | | | | | | | 3. 1000 mm |
| 27 | Brilon | Wünnebecke 160 b | 45 | II. | 420 | Kulmton und Kulmkieselschiefer, mitteltief- | 1. 7,1° |
| 31 | Brilon | Wünnebecke 160 b | 47 | II. | 420 | gründiger, frischer, feinsandiger Lehm | 2. 13,2° |
| | | | | | | | 3. 1000 mm |
| 28 | Brilon | Wünnebecke 113 b | 45 | I. | 460 | Wissenbacher Schiefer; Unt. Mitteldevon, sand. | 1. 6,8° |
| 32 | Brilon | Wünnebecke 113 b | 47 | I. | 460 | Lehm, mitteltiefgründig, frisch | 2. 12,6° |
| | | | | | | | 3. 1000 mm |
| 29 | Brilon | Eschenberg 131 a | 43 | II,5 | 530 | Tentaculitenschiefer aus ob. Mitteldevon. | 1. 6,5 - 6,7° |
| 33 | Brilon | Eschenberg 130 a | 45 | III. | 490 | Sandiger Lehm, mittelgründig | 2. 12,5° |
| | | | | | | | 3. 1050 mm |
| 34 | Attendorn | Valbert 63 | 68 | I. | 600 | Unterdevon, Ebbesandstein; Grauwacken- | 1. 7,4° |
| 40 | Attendorn | Valbert 63 | 68 | I. | 600 | Sandstein mit untergeordnetem blaugrauen | 2. 13,6° |
| | | | | | | Schiefer. | 3. 1050-1100 mm |
| 35 | Attendorn | Lettmecke 277 $c_1$ | 65 | II. | 490 | Unteres Mitteldevon, Grauwackensandstein mit | 1. 7,4° |
| 41 | Attendorn | Lettmecke 277 $c_2$ | 68 | II. | 490 | untergeordnetem grauen Schiefer | 2. 13,6° |
| | | | | | | | 3. 1050-1100 mm |
| 36 | Attendorn | Lettmecke 274 c | 65 | I,5 | 360 | Unteres Mitteldevon, Karbonat Ton- und | |
| 42 | Attendorn | Lettmecke 274 c | 60 | I,5 | 380 | Grauwackenschiefer | |
| 37 | Attendorn | Lettmecke 289 c | 66 | II,5 | 500 | Unteres Mitteldevon, Grauwackensandstein mit | |
| 43 | Attendorn | Lettmecke 289 c | 66 | II,5 | 490 | untergeordnetem grauen Tonschiefer | |
| 38 | Attendorn | Lettmecke 289 b | 61 | II,5 | 500 | | |
| 44 | Attendorn | Lettmecke 289 b | 61 | II,5 | 500 | „ | |
| 39 | Attendorn | Lettmecke 285 b | 48 | I,5 | 450 | „ | |
| 45 | Attendorn | Lettmecke 285 b | 48 | I,5 | 450 | | |
| 46 | Olpe | Hünsborn 33 b 1/c | 62 | I. | 430 | Alt-Diluviale Verwitterung; Periglacialer Rutsch- | 1. 7° |
| 49 | Olpe | Hünsborn 33 b 1/c | 62 | I. | 430 | boden mit Schutt. Mitteltiefgründiger sandiger | 2. 13° |
| 47 | Olpe | Hünsborn 33 b 1/c | 62 | I. | 430 | Lehm | 3. 1200 mm |
| 50 | Olpe | Hünsborn 33 b 1/c | 62 | I. | 430 | | |
| 48 | Olpe | Rehringshausen 11 d | 33 | I. | 430 | Unterdevon, Feinschuppige Tonschiefer mit | 1. 7° |
| 51 | Olpe | Rehringshausen 11 d | 33 | I. | 430 | Quarziten, mittelgründiger sandiger Lehm | 2. 13° |
| | | | | | | | 3. 1200 mm |
| 52 | Hilchenbach | 136 a | 49 | I,5 | 640 | Grauwackentonschiefer des mittleren Unter- | 1. 5,5-7° |
| 53 | Hilchenbach | 179 c | 49 | I,5 | 640 | devon, mittelgründiger, feinsandiger Lehm | 2. 13,5° |
| | | | | | | | 3. 1120-1130 mm |
| 54 | Waldbröl | Lieberhausen B 2 d | 69 | I. | 320 | Unteres Mitteldevon, sandiger Lehm | 1. 8,8° |
| 56 | Waldbröl | Lieberhausen B 4 b | 69 | I. | 320 | „ | 2. 14,8° |
| 55 | Waldbröl | Lieberhausen 125 B | 40 | I. | 430 | „ | 3. 1210 mm |
| 57 | Waldbröl | Lieberhausen 127 A | 40 | I. | 420 | | „ |
| 58 | Altenkirchen | 232 b | 63 | 0.9. | 290 | diluv. Decklehm, tiefgr., ab 30 cm stark gleyartig | 1. 7,7° |
| 59 | Altenkirchen | 232 b | 63 | 0,9. | 290 | | 2. 14,3° |
| 60 | Altenkirchen | 232 b | 63 | 0,9. | 290 | | 3. 1100-1200 mm |
| 61 | Altenkirchen | 232 b | 63 | 0,9. | 290 | | |
| 62 | Altenkirchen | 232 b | 63 | 0,9. | 290 | | |
| 63 | Altenkirchen | 232 b | 63 | 0,9. | 290 | | |
| 64 | Prüm-Nord | 199 | 40 | I. | 595 | Weinroter Schiefer unter Koblenz-Stufe des | 1. 7,5° |
| 65 | Prüm-Nord | 198 | 40 | I. | 595 | unteren Devons, Lehm | 2. 13,5° |
| | | | | | | | 3. 775 mm |
| 66 | Prüm-Süd | Dasburg 100 $c_2$ | 60 | I,5 | 390 | Grauwacke-Tonschiefer, sandiger Lehm | 1. 7,5° |
| 68 | Prüm-Süd | Dasburg 100 $d_2$ | | | | | |
| 67 | Prüm-Süd | Dasburg 76 $b_2$ | 60 | II. | 340 | Tonschiefer, Grauwacke, sandiger Lehm | |
| 69 | Prüm-Süd | Dasburg 76 a | 60 | II. | 310 | | |
| 70 | Hermeskeil | Thiergarten 109 $a_1$ | 42 | I,5 | 620 | Dil. Decklehm mit mittleren Gehängeschutt- | 1. 6,2° - 6,3° |
| 71 | Hermeskeil | Thiergarten 90 b | 42 | I,5 | 570 | anteil, sandiger Lehm | 2. 12,9-13° |
| | | | | | | | 3. 1050-1100 mm |

solche Weitverbände (= Prüfbestände) erfaßt, bei denen gleichzeitig ein Fichtenbestand gleichen Alters auf vergleichbarem Standort in forstamtsüblichem Quadrat- oder Rechteckverband (= Vergleichsbestand) aufgenommen werden konnte. Nur bei wenigen Prüfbeständen dienten enge Reihenverbände als Vergleichsbestände. In vielen Fällen war es sogar möglich, zwei oder mehr unterschiedliche Verbände in ein und demselben Fichtenbestand festzustellen und zu bearbeiten. Von den insgesamt 71 aufgenommenen Probeflächen gehören bei 45 Flächen Prüfbestand und Vergleichsbestand zu derselben Unterabteilung.

Bei der Untersuchung wurden Reihenverbände einerseits und Quadrat- und Rechteckverbände andererseits getrennt behandelt. Als Reihenverband definieren wir solche Bestände, bei denen das Verhältnis der senkrecht zu einander gemessenen Pflanzenabstände mindestens 2 : 1 beträgt.

Bei den Außenaufnahmen wurden für den Bestand repräsentativ erscheinende Probeflächen ausgewählt. Ihre Größe betrug bei jüngeren stammzahlreichen Beständen im allgemeinen 0,04 ha und ging bei stammzahlarmen Altbeständen bis zu 0,1 ha.

An sämtlichen Bäumen der Probefläche wurden die Brusthöhendurchmesser in und quer zur Reihe auf ein Millimeter genau gekluppt. Die Reihenrichtung, die Hauptwindrichtung sowie Hangneigung und Hangrichtung wurden zusätzlich vermerkt, um mögliche Einflüsse des Windes und des Hanges erkennen zu können. In den Vergleichsbeständen ergab die Richtung des überwiegend größeren Durchmessers die Klupprichtung.

Die Messung der Aststärken wurde jeweils an den 500 besten bzw. stärksten Bäumen je ha durchgeführt. Bei Altbeständen, die weniger als 500 Bäume je ha zählten, wurden sämtliche Bäume der Probefläche erfaßt. Nur bei einigen Jungbeständen, die noch nicht oder erst unzureichend durchforstet waren, wurden im Prüf- und im Vergleichsbestand ausgesprochene Protzen, die mit den Durchforstungen noch zu entnehmen sind, getrennt aufgenommen. Bei allen übrigen Beständen entsprachen die 500 besten Bäume den 500 stärksten je ha.

Durch diese Methodik werden bei der Aststärkenermittlung nur solche vorherrschende und herrschende Bäume berücksichtigt, die mit hoher Wahrscheinlichkeit in den Endbestand kommen. Die Wahl der gleichen Anzahl stärkster Bäume je ha sollte eine rechnerische Verschiebung der Mittelwerte je ha ausschließen.

Für die Aststärkenmessung wurden dementsprechend je Probefläche von 0,04 ha 20 Meßbäume bestimmt. Bei älteren stammzahlarmen Beständen wurden größere Probeflächen gewählt. Hierbei wurden bei Altbeständen mit weniger als 500 Bäumen je ha auf einer Teilfläche, die 20 Bäume enthielt, sämtliche Stämme erfaßt. Die gemessenen Äste waren zum Zeitpunkt der Aufnahme sämtlich abgestorben.

In den Reihenbeständen wurde in Anlehnung an das von ABETZ und MERKEL (1) verwendete Verfahren in etwa 1 m, 3 m und 5 m Höhe jeweils die maximale Aststärke quer zur Reihe (Gassenast) und in der Reihe (Reihenast) ermittelt. Hierzu wurde der Stamm in vier Sektoren geteilt, von denen jeweils zwei Sektoren Gassenäste und zwei Reihenäste enthielten. Die Aststärke wurde durch Messung der horizontalen Astdurchmesser ohne Rinde an der Astbasis mit Hilfe einer Schublehre auf 1/10 Millimeter genau ermittelt. Nach Aufnahme und Auswertung eines großen Teils der Prüfbestände konnte das Aufnahmeverfahren vereinfacht werden, indem als Kennmerkmal für die Aststärke nur noch der stärkste Gassenast in etwa 5 m Höhe gemessen wurde.

Bei den Vergleichsbeständen sowie bei den weiten Quadrat- und Rechtecksprüfbeständen wurde bei 1 m, 3 m und 5 m Höhe bzw. später nur bei 5 m Höhe jeweils der stärkste Ast gemessen.

Ein genaues Vermessen des Verbandes im Bestand ergab als Ergänzung der Angaben der Betriebswerke den Ausgangsverband; dabei braucht der daraus resultierende Baumabstand nicht mit dem Baumabstand zur Zeit der Astbildung und des Astwachstums identisch zu sein. Die Veränderung des Baumabstandes während des Bestandeslebens aufgrund des natürlichen Ausscheidens sowie der Durchforstung und der daraus abzuleitende Einfluß auf Baumdurchmesser- und Aststärkenentwicklung konnten nicht erfaßt werden.

## 5. Untersuchungsergebnisse

### 5.1 *Aststärken*

Wissenschaftler und Praktiker sehen die Aststärke als wichtigstes Qualitätsmerkmal bei der Beurteilung von Fichten-Weitverbänden an. Insbesondere spielt hierbei die Aststärkenschwelle von 20 mm eine Rolle. In Abschnitt 2.2 wurde angeregt, neben der durchschnittlichen maximalen Aststärke auch die Zahl der Bäume mit kleinen (< 20 mm), mittleren (> 20 - 40 mm) und starken Ästen (über 40 mm) als Güteweiser zu verwenden. Die Untersuchungen ergaben, daß die Aststärken mit der Baumhöhe deutlich zunehmen. Auf diese Gesetzmäßigkeit haben früher bereits KÖSTER (6), BERNHART (3), KRAMER (7, 8) sowie ABETZ und MERKEL (1) hingewiesen. Wie nach den Untersuchungen von ABETZ und MERKEL zu erwarten war, sind die Äste quer zur Reihe (Gassenäste) im allgemeinen deutlich stärker als die Äste in der Reihe (Reihenäste). Die Differenzen der Mittel der Gassen- und Reihenäste wurden auf Signifikanz getestet; von 19 untersuchten Reihenbeständen erwiesen sich in 1 m Höhe 11 Gassenäste-Mittel und in 3 m Höhe 15 als signifikant höher. Aus Tabelle 2 ist zu entnehmen, daß in 5 m Höhe mit einer Ausnahme die durchschnittliche maximale Aststärke der Gassenäste größer ist als die der Reihenäste. Diese Differenz war in 16 von 20 Fällen signifikant.

Da diese Untersuchungen bestätigten, daß die Aststärken von 1 m bis 5 m Baumhöhe wesentlich zunehmen und quer zur Baumreihe größer sind als in der Reihe, konnte bei der weiteren Bearbeitung der Reihenbestände als Qualitätsmerkmal der maximale Durchmesser der Gassenäste in 5 m Höhe verwendet werden. In Tabelle 2 ist der bereits besprochene Vergleich zwischen Gassen- und Reihenaststärke wiedergegeben. Für die nach ihrem Reihenabstand geordneten Reihenverbände enthält diese Übersicht die durchschnittliche maximale Aststärke der Gassenäste (und für einen Teil der Bestände auch der Reihenäste) in 5 m Höhe. Darunter sind die durchschnittlichen maximalen Aststärken der weiten Quadrat- und Rechteckverbände angegeben. Auf gleicher Zeile sind jeweils die entsprechenden Werte der Vergleichsbestände sowie das Ergebnis der Signifikanzprüfung der Aststärkendifferenz zwischen Prüf- und Vergleichsbestand verzeichnet. Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß von den 35 Reihenbeständen lediglich in fünf Fällen eine durchschnittliche maximale Aststärke von 20 mm in 5 m Höhe überschritten wird. Besonders aufschlußreich ist jedoch die Tatsache, daß — abgesehen von den Extremverbänden — keine klare Abhängigkeit der Aststärke vom Reihenabstand festzustellen ist. Bei dem Reihenabstand 2,9 und 3,0 m liegt die Aststärke z. B. zwischen 13,8 und 20,8 mm. Der extrem weite Reihenverband von 5,5 x 1,5 m (lfd. Nr. 8) hat erstaunlicherweise nur eine Aststärke von 15,6 mm. Man erkennt hieraus deutlich die bereits in Abschnitt 2.2 diskutierte Erscheinung, daß andere Faktoren wie Standort, Provenienz und Bestandesbehandlung die Baumqualität stärker beeinflussen als der Ausgangsverband. Erst durch Gegenüberstellung mit den entsprechenden Daten eines vergleichsfähigen, enger begründeten Bestandes kann man den Einfluß des zunehmenden Reihenabstandes deutlich erkennen. Die Prüfung der Aststärkendifferenzen von Prüf- und Vergleichsbestand auf Signifikanz ergibt folgendes:

Bis zu einem Reihenabstand von einschließlich 3 m haben die Reihenbestände (mit Ausnahme der lfd. Nr. 55) keine signifikant stärkeren Äste als die Vergleichsbestände. Der Prüfbestand 55 hat trotz des weiteren Abstandes in der Reihe (1,2 m) lediglich eine durchschnittliche maximale Aststärke von 18,7 mm. Die Signifi-

Tabelle 2

**Prüfung der Aststärkendifferenzen in 5 m Höhe auf Signifikanz**

| Prüfbestand Lfd. Nr. | Prüfbestand Verband | mittl. max. Aststärke in der Reihe mm | mittl. max. Aststärke quer z. Reihe mm | Signifikanzprüfung der Aststärkenmittel in u. quer zur Reihe: sig-nifikant α | Signifikanzprüfung der Aststärkenmittel in u. quer zur Reihe: nicht sig-nifikant | Lfd. Nr. | Vergleichsbestand Verband | mittl. max. Aststärke | Signifikanzprüfung der Aststärkenmittel des Prüf- u. Vergleichsverbandes: sig-nifikant α | Signifikanzprüfung der Aststärkenmittel des Prüf- u. Vergleichsverbandes: nicht sig-nifikant |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Reihenverbände* | | | | | | | | | | |
| 13 | 6,0 x 1,5 | 18,3 | 22,5 | 1,0 % | — | 14 | 1,5 x 1,5 | 19,8 | 5,0 % | — |
| 8 | 5,5 x 1,5 | 12,2 | 15,6 | 0,1 % | — | 10 | 1,5 x 1,5 | 10,6 | 0,1 % | — |
| 34 | 5,0 x 1,7 | — | 19,5 | — | — | 40 | 1,1 x 1,3 | 15,8 | 0,1 % | — |
| 54 | 5,0 x 1,5 | — | 18,7 | 5,0 % | — | 56 | 1,0 x 1,0 | 16,4 | 5,0 % | — |
| 35 | 5,0 x 1,4 | — | 21,4 | — | — | 41 | 1,5 x 1,3 | 15,1 | 0,1 % | — |
| 7 | 5,0 x 1,3 | 13,9 | 17,5 | 0,1 % | — | 9 | 1,5 x 1,3 | 12,3 | 0,1 % | — |
| 46 | 5,0 x 1,2 | — | 20,0 | — | — | 49 | 1,5 x 1,4 | 10,6 | 1,0 % | — |
| 36 | 5,0 x 1,1 | — | 17,8 | — | — | 42 | 1,7 x 1,2 | 13,1 | 0,1 % | — |
| 21 | 5,0 x 1,0 | — | 17,9 | — | — | 23 | 2,0 x 1,0 | 15,0 | 5,0 % | — |
| 58 | 5,0 x 1,0 | 15,3 | 19,4 | 0,1 % | — | 62 | 2,0 x 1,0 | 14,2 | 0,1 % | — |
| 67 | 4,0 x 1,5 | 16,7 | 18,3 | 5,0 % | — | 69 | Engverband | 18,0 | — | n. s. |
| 37 | 4,0 x 1,4 | — | 17,6 | — | — | 43 | 1,5 x 1,5 | 16,3 | — | n. s. |
| 38 | 4,0 x 1,4 | — | 19,7 | — | — | 44 | 1,5 x 1,5 | 16,3 | 0,1 % | — |
| 64 | 4,0 x 1,25 | 17,3 | 19,7 | 1,0 % | — | 65 | 2,4 x 0,8 | 15,7 | 0,1 % | — |
| 39 | 4,0 x 1,2 | — | 18,0 | — | — | 45 | 1,5 x 1,5 | 16,2 | 5,0 % | — |
| 11 | 4,0 x 1,0 | 14,6 | 18,2 | 0,1 % | — | 12 | 1,5 x 1,5 | 15,1 | 1,0 % | — |
| 59 | 4,0 x 1,0 | 13,9 | 16,7 | 1,0 % | — | 62 | 2,0 x 1,0 | 14,2 | 0,1 % | — |
| 70 | 3,7 x 1,4 | 17,6 | 20,4 | 5,0 % | — | 71 | 2,0 x 1,9 | 20,4 | — | n. s. |
| 24 | 3,6 x 0,9 | 15,6 | 17,5 | — | n. s. | 25 | 2,0 x 1,2 | 18,7 | — | n. s. |
| 66 | 3,5 x 1,75 | 18,3 | 20,4 | 1,0 % | — | 68 | Engverband | 17,8 | 5,0 % | — |
| 60 | 3,3 x 1,0 | 12,5 | 16,1 | 1,0 % | — | 62 | 2,0 x 1,0 | 14,2 | 1,0 % | — |
| 47 | 3,0 x 1,5 | — | 17,7 | — | — | 50 | 1,5 x 1,4 | 16,2 | — | n. s. |
| 48 | 3,0 x 1,2 | — | 17,3 | — | — | 51 | 1,5 x 1,4 | 17,1 | — | n. s. |
| 55 | 3,0 x 1,2 | — | 18,7 | — | — | 57 | 1,1 x 1,1 | 16,2 | 1,0 % | — |
| 26 | 3,0 x 1,0 | 15,1 | 15,5 | — | n. s. | 30 | 1,0 x 1,0 | 16,4 | — | n. s. |
| 27 | 3,0 x 1,0 | 20,9 | 20,8 | — | n. s. | 31 | 1,5 x 1,5 | 20,0 | — | n. s. |
| 28 | 3,0 x 1,0 | 13,3 | 15,2 | 1,0 % | — | 32 | 1,5 x 1,5 | 15,5 | — | n. s. |
| 29 | 3,0 x 1,0 | 13,3 | 16,0 | 1,0 % | — | 33 | Saat | 15,3 | — | n. s. |
| 15 | 2,9 x 0,75 | 11,8 | 14,5 | 1,0 % | — | 17 | 1,4 x 1,2 | 16,2 | — | n. s. |
| 16 | 2,9 x 0,75 | 10,5 | 13,8 | 0,1 % | — | 18 | 1,5 x 1,5 | 12,5 | — | n. s. |
| 22 | 2,5 x 1,0 | — | 13,2 | — | — | 23 | 2,0 x 1,0 | 15,0 | — | n. s. |
| 61 | 2,5 x 1,0 | 12,3 | 13,2 | — | n. s. | 62 | 2,0 x 1,0 | 14,2 | — | n. s. |
| *Quadrat- und Rechteckverbände* | | | | | | | | | | |
| 1 | 4,5 x 3,5 | 27,7 | | — | — | 4 | 2,0 x 2,0 | 17,1 | 0,1 % | — |
| 2 | 4,0 x 3,5 | 23,2 | | — | — | 4 | 2,0 x 2,0 | 17,1 | 0,1 % | — |
| 3 | 3,5 x 3,5 | 21,2 | | — | — | 4 | 2,0 x 2,0 | 17,1 | 0,1 % | — |
| 5 | 3,5 x 2,0 | 18,2 | | — | — | 6 | 2,0 x 2,0 | 15,7 | 1,0 % | — |
| 19 | 2,5 x 2,5 | 21,9 | | — | — | 20 | 1,5 x 1,5 | 19,4 | — | n. s. |
| 52 | 2,5 x 2,5 | 20,4 | | — | — | 53 | 1,5 x 1,5 | 18,2 | 5,0 % | — |
| 4 | 2,0 x 2,0 | 17,1 | | — | — | — | — | — | — | — |
| 6 | 2,0 x 2,0 | 15,7 | | — | — | — | — | — | — | — |
| 63 | 2,0 x 2,0 | 15,7 | | — | — | 62 | 2,0 x 1,0 | 14,2 | 1,0 % | — |
| 71 | 2,0 x 1,9 | 20,4 | | — | — | — | — | — | — | — |

kanz der Aststärkendifferenz ist hier im wesentlichen durch den besonders engen Ausgangsverband des Vergleichsbestandes (1,1 x 1,1 m) bedingt. Der relativ starkästige Reihenbestand lfd. Nr. 27 unterscheidet sich dagegen nicht von seinem Vergleichsbestand. Die Starkästigkeit dieses Prüfbestandes ist also nicht durch den Reihenabstand verursacht.

Die Gegenüberstellung von Prüfbestand und Vergleichsbestand macht den qualitätsmindernden Einfluß des sehr weiten Reihenabstandes deutlich. Der schon erwähnte Prüfbestand Nr. 8 (5,5 x 1,5 m) hat trotz geringer maximaler Aststärke (15,6 mm) eine hochsignifikante Differenz ($\alpha$ = 0,1 %) zur Aststärke des Vergleichsbestandes.

Bei den Quadrat- und Rechteckverbänden erscheint jeder der untersuchten extrem weiten Verbände (ab 2,5 m) zu weit; jeder der Prüfbestände hatte mit einer Ausnahme eine signifikant höhere Aststärke als der jeweilige Vergleichsbestand, obwohl die Vergleichsbestände selber z. T. schon Weitverbände darstellten.

In Abbildung 3 ist die mittlere maximale Aststärke der Prüfbestände in 5 m Höhe in % vom Vergleichsbestand über dem Reihenabstand dargestellt. Die als Vergleichsbestände dienenden engen Reihenverbände konnten hierbei nicht berücksichtigt werden. Die Quadrat- und Rechteckverbände wurden mit besonderer Signatur über ihrem jeweils weitesten Pflanzabstand eingetragen.

Bis zu einem Reihenabstand von einschließlich 3,0 m streut die

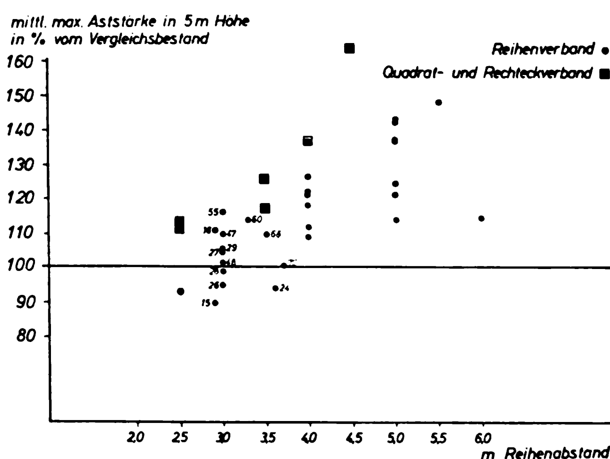



Abbildung 3
*Mittlere maximale Aststärke der Prüfbestände in 5 m Höhe in Prozent von Vergleichsbeständen.*

Bis zu einem Reihenabstand von ca. 3,0 m streuen die Werte der Reihenabstände um die 100 % Linie, d. h. die Prüfbestände haben im Durchschnitt keine größere Aststärke als die Vergleichsbestände. Die an der oberen Streugrenze liegenden Prüfbestände 55, 47 und 66 haben einen relativ großen Abstand in der Reihe. Auch die Aststärken von Reihenbeständen mit einem Reihenabstand von ca. 3,50 m liegen noch nicht deutlich über denen der Vergleichsbestände. Ab 4,0 m Reihenabstand nimmt die relative Aststärke der Reihenbestände deutlich zu. Die weitständigen Quadrat- und Rechteckverbände haben bei allen Pflanzabständen eine erheblich höhere Aststärke als ihr Vergleichsbestand.

The average maximal branch-diameters of the wide row- and square-plantations compared with the branch diameter of the narrow stands (%).

Punktwolke um die 100 %-Linie, d. h. die Prüfbestände weisen im Durchschnitt keine höheren Aststärken als die Vergleichsbestände auf. Selbst bei einem Reihenabstand von ca. 3,50 m ist noch keine eindeutige Verschlechterung der Aststärkenqualität festzustellen. Erst ab 4 m Reihenabstand ist die mittlere maximale Aststärke der Prüfbestände deutlich höher als die der Vergleichsbestände; das Aststärkenverhältnis liegt bei 4 m Reihenabstand zwischen 106,2 % und 125,7 % und bei 5 m Reihenabstand zwischen 113,9 % und 142,1 %.

Ein Ausgleich des Streubandes mit Hilfe der linearen Regression ist möglich, wegen der hohen Streuung aber nicht sinnvoll. Die möglichen Gründe für die relativ hohe Streuung soll am Beispiel der Prüfbestände mit einem Reihenabstand von 3 m nachgewiesen werden. Die Bestände mit den laufenden Nummern 26, 28, 48, 27, 29 und 55 haben etwa denselben Pflanzabstand in der Reihe (1,0 bis 1,2 m). Ihre mittlere maximale Aststärke wird an der des Vergleichsbestandes gemessen. Die im oberen Streuband liegenden Bestände 55 und 29 haben extrem engbegründete, daher relativ schwachästige Vergleichsbestände (Verband: 1 x 1 m bzw. Saat). Die Prozentzahlen liegen daher höher als bei den Beständen 27, 48 und 28, die weiter begründete und daher nicht so feinästige Vergleichsbestände (Verband: 1,5 x 1,5 m) haben. Der Bestand 26 liegt trotz eines engen Vergleichsbestandes (Verband: 1 x 1 m) am niedrigsten. Eine Erklärung kann darin liegen, daß der engbegründete Vergleichsbestand frühzeitig stark durchforstet wurde und daher stärkere Äste bildete. Gegenüber den Beständen 29, 27 und 48 liegt der Bestand 47 (trotz eines Vergleichsbestandes mit dem gleichen Verband) am höchsten. Dieses hat seine Ursache in seinem weiteren Abstand in der Reihe (Verband: 3 x 1,5 m = 2 222 Pflanzen je ha) und der daraus resultierenden stärkeren Astbildung.

Der Einfluß des Abstandes in der Reihe auf die Stärke der Gassenäste wird auch bei den Reihenabständen 3,3 bis 3,7 m deutlich. Die Prüfbestände 70 (3,7 x *1,4*) und 66 (3,5 x *1,75*) haben eine Aststärke von 20,4 mm, die Prüfbestände 24 (3,6 x *1,0*) und 60 (3,3 x *1,0*) dagegen nur eine Aststärke von 17,5 mm bzw. 16,1 mm. In Abbildung 3 schneiden die Prüfbestände 60 und 66 schlecht ab; für den Prüfbestand 60 liegt der Grund in dem besonders engen Vergleichsbestand (2 x 1 m), dessen Standraum von 2,0 qm unter dem des Normalverbandes (1,5 x 1,5 m) mit 2,25 qm liegt. Im übrigen sind die absoluten Aststärkenmittel von Prüf- und Vergleichsbestand gering. Prüfbestand 66 hat einen besonders weiten Abstand in der Reihe (1,75 m). Der Bestand 70 hat die gleiche Qualität wie der allerdings auch relativ weitbegründete Vergleichsbestand Nr. 71 (2,0 x 1,9 m). Ein enger Pflanzabstand in der Reihe läßt somit auch bei einem Reihenabstand von ca. 3,50 m keine qualitätsbeeinträchtigende Aststärkenzunahme erwarten.

Die Prozentangaben für die 6 Quadrat- und Rechteckbestände bilden in allen Fällen die obere Grenze des Streubandes, obwohl die Vergleichsbestände hier relativ weitständig begründet waren. Man kann auch hieraus erkennen, daß sich bei den Reihenverbänden offenbar der geringere Abstand in der Reihe hemmend auf das Wachstum der Gassenäste auswirkt. Eine getrennte Aufnahme von ausgesprochenen Protzen war nur bei wenigen Jungbeständen erforderlich. Zwischen den Aststärken der Prüf- und Vergleichsbestände ergab sich kein gesetzmäßiger Unterschied. In manchen Fällen waren die Protzen der engbegründeten Vergleichsbestände sogar starkästiger als die der Prüfbestände.

*Der Aststärkenvergleich läßt erkennen, daß der enge Abstand in der Reihe ganz deutlich auch die Stärke der Gassenäste beeinflußt. Bei einem Abstand in der Reihe von möglichst 1,0 m dürften im Untersuchungsraum bis zu einem Reihenabstand von 3,50 m i. a. keine wesentlichen Qualitätsverschlechterungen gegenüber einem etwa im 1,5 x 1,5 m begründeten Vergleichsbestand auftreten.*

### 5.2 *C-Holzanteil*

Die in 5.1 besprochenen Durchschnittswerte sind für die Qualitätsprüfung vergleichsfähiger Bestände gut geeignet. Andererseits sagen die Mittelwerte nichts über den tatsächlichen Anteil starkästiger Bäume aus. Die in Abschnitt 2.3 näher beschriebene und in Abbildung1 graphisch dargestellte Beziehung zwischen Aststärke in 5 m Höhe und Güteklasse läßt die Folgerung zu, daß der Anteil der Aststärkengruppe über 20 mm dem Anteil der C-Holzstämme entspricht.

Im folgenden bezeichnen wir daher die Bäume mit einer maximalen Aststärke in 5 m Höhe von über 20 mm als C-Holzstämme. In Prüf- und Vergleichsbeständen ermittelten wir den Anteil der C-Holzstämme an der Gesamtstammzahl. Wir konnten feststellen, daß auch in den Vergleichsbeständen, abhängig von den wiederholt genannten Faktoren, der C-Holzanteil sehr stark variierte. Er liegt zwischen 0 % und 36 % (im Extremfall bei 50 %), im Durchschnitt bei 12,7 %. Zusätzlich untersuchten wir in 34 Fichtenendnutzungsschlägen des Forstamtes Hardegsen die Prozente der C-Holzstammzahlen. Der Anteil der C-Holzstämme an der Gesamtzahl der Fichtenlangholzstämme lag zwischen 4 % und 37 %, im Durchschnitt aller 13.800 untersuchten Stämme bei 15 %. Man kann erkennen, daß die C-Holzanteile unserer Vergleichsbestände gut mit den tatsächlichen Aushaltungsergebnissen in der Praxis übereinstimmen. Der gering höhere C-Holzanteil der Praxis ist durch den Anteil an Randfichten bei den Fichtenschlägen leicht zu erklären.

In Abbildung 4 sind die Differenzen der C-Holzanteile von Prüf- und Vergleichsbeständen über dem Reihenabstand aufgetragen. Bis zu einem Reihenabstand von ca. 3,50 m ist kein Ansteigen des C-Holzanteiles gegenüber dem Vergleichsbestand festzustellen. Ab 4 m Reihenabstand steigt dagegen der C-Holzanteil der Prüfbestände gegenüber den Vergleichsbeständen deutlich (0 - 50 %), ab 5 m Reihenabstand liegt er für alle untersuchten

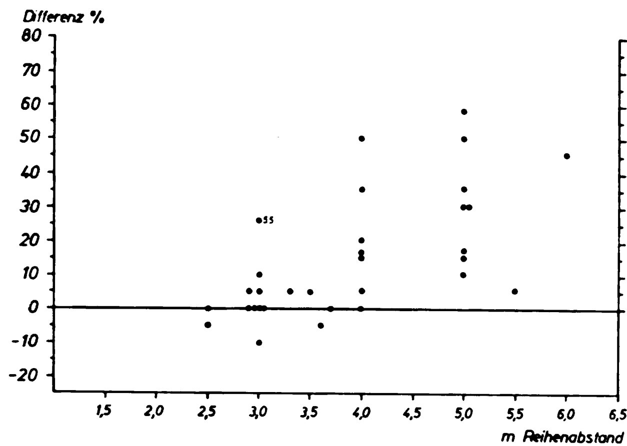



Abbildung 4

*Differenzen des Anteils an C-Holz-Stämmen zwischen Reihenbeständen und den entsprechenden Vergleichsbeständen.*

Ausgenommen den Prüfstand Nr. 55 ist bis zu einem Reihenabstand von ca. 3,50 m kein Ansteigen des C-Holzanteils gegenüber dem Vergleichsbestand festzustellen. Ab 4,0 m Reihenabstand nimmt der C-Holzanteil deutlich zu.

Differences of the percentages of C-quality stems between the wide row-plantations and the compared narrow stands.

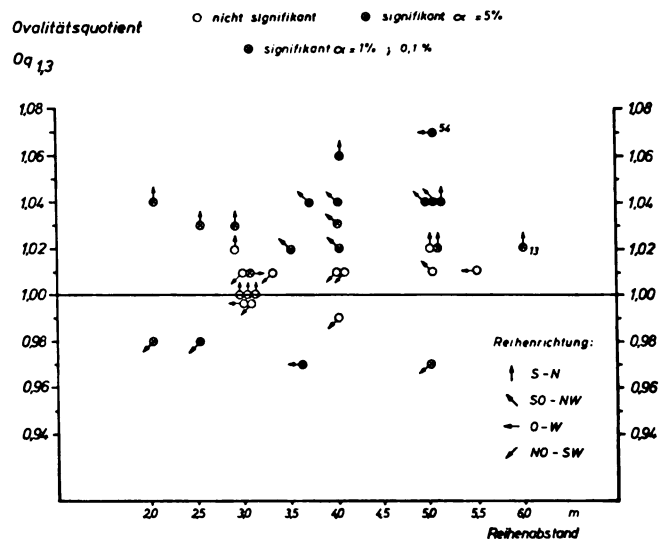



Abbildung 5

*Abhängigkeit des Ovalitätsquotienten in Fichtenreihenbeständen von Reihenabstand und Windeinwirkung.*

Der Ovalitätsquotient ($d_{1,3}$ quer zur Reihenrichtung zu $d_{1,3}$ in Reihenrichtung) streut unabhängig vom Reihenabstand um die 1,00-Linie. Mit Ausnahme des Prüfbestandes 54 haben alle Bestände mit merkbarer positiver Ovalität eine Reihenrichtung von N-S oder NW-SO; die vorherrschenden W- und SW-Winde wirken somit senkrecht auf die Reihenrichtung. Bei Bestand 54 wird die Ovalität durch den nachgewiesenen, quer zur Reihenrichtung stehenden N-Wind verursacht. Bei den Beständen mit einem Ovalitätsquotient unter 1,00 entspricht die Reihenrichtung den Hauptwindrichtungen W und SW.

Eccentricity-quotient of wide row-plantations depending on row-distance and wind-direction.

Reihenbestände zwischen 10 und 58 % über dem Anteil in den Vergleichsbeständen. Beim 3 m Reihenabstand schert der Prüfbestand 55 ebenso wie in Abbildung 3 deutlich aus; dieses mag, wie schon oben bei der Besprechung der Aststärkenmittel dargestellt, an dem weiteren Abstand in der Reihe und dem sehr engen Verband des Vergleichsbestandes liegen.

*Eine kritische Würdigung der Prüfungsergebnisse der C-Holzanteile läßt den Schluß zu, daß ein Reihenabstand bis zu ca. 3,50 m keine Verschlechterung hinsichtlich der Ästigkeit verursacht, die die Stammholzverwertung beeinträchtigt.*

### 5.3 *Ovalität*

Von den Forstleuten wird oftmals als Folge des Reihenverbandes eine ovale Ausformung der Stämme in Brusthöhe und damit eine Qualitätsverschlechterung hinsichtlich der Holzverwertung befürchtet.

Das uns zur Verfügung stehende umfangreiche Material mit extrem weiten Reihenabständen bot die Möglichkeit, den Einfluß des Reihenverbandes auf die Ausformung des Baumquerschnittes zu untersuchen.

Wir haben daher für die untersuchten Fichten-Reihenbestände aus den Mitteln der Brusthöhendurchmesser quer zur Reihe und in der Reihe einen Ovalitätsquotienten ($Oq_{1,3}$) errechnet und in Abbildung 5 über dem Reihenabstand aufgetragen. Zusätzlich wurde für jede Fläche die Differenz der beiden Durchmessermittel auf Signifikanz getestet; das Ergebnis wurde durch besondere Signatur wiedergegeben (s. Abb. 5). Das Streuband läßt kein Ansteigen der Ovalität mit dem Reihenabstand erkennen.

Die Untersuchungen von Abetz und Merkel (1), Kramer (9) und Melzer (12) finden somit eine Bestätigung; diese Autoren führen die Ovalität auf den Einfluß des Windes und des Hanges zurück.

Zur Prüfung der Windeinwirkung wurde in Abbildung 5 für jede Fläche zusätzlich die Reihenrichtung mit einem Richtungspfeil gekennzeichnet. In den Beständen mit einer deutlichen positiven Ovalität (der Brusthöhendurchmesser quer zur Reihe ist größer als derjenige in der Reihe) verlaufen die Reihen in N-S oder SO-NW Richtung; der überwiegende West- bzw. Süd-West-Wind wirkt daher senkrecht auf die Reihe und verursacht somit offenbar eine stärkere Ausbildung des Brusthöhendurchmessers quer zur Reihe und damit eine Ovalität in Brusthöhe. Für alle in der Abbildung 5 wiedergegebenen Flächen mit einer Ovalität über 1,02 (der BHD quer zur Reihe ist größer als derjenige in der Reihe) trifft dieses zu. Liegt eine deutliche negative Ovalität (der BHD in der Reihe ist größer als derjenige quer zur Reihe) vor ($Oq_{1,3} < 0,99$), ist das Übereinstimmen von Wind- und Reihenrichtung auffällig. Wiederum scheint der Wind die Durchmesser-Entwicklung in Windrichtung, das ist in diesem Fall in der Reihe, zu begünstigen und damit eine Ovalität in Brusthöhe hervorzurufen. Die Bestände mit einem Ovalitätsquotienten zwischen 0,99 und 1,02 haben wechselnde Reihenrichtungen; die Differenz der BHD in und quer zur Reihe ist hier mit einer Ausnahme nicht signifikant.

Die Fläche Nr. 13 hat trotz des weiten Reihenabstandes von 6 m einen Ovalitätsquotienten von nur 1,02. Aber auch diese geringe positive Ovalität wird nicht durch den Reihenabstand, sondern durch den Wind verursacht; die Windrichtung verläuft quer zur N-S Reihenrichtung. Der Vergleichsbestand mit der lfd. Nr. 14 (Verband: 1,5 x 1,5 m) hat einen $Oq_{1,3}$, der mit ca. 1,03 sogar noch etwas höher liegt. Auch hier liegt der größere BHD in Windrichtung.

Der Prüfbestand 54 (Verband: 5,0 x 1,5 m) mit einer von O nach W verlaufenden Reihenrichtung scheint den angestellten Überlegungen über den Windeinfluß zu widersprechen. Bei ihm ist der Durchmesser quer zur Reihe hochsignifikant höher als der in der Reihe. Der Ovalitätsquotient beträgt 1,068. Die Fläche liegt am Unterhang eines ca. 15° geneigten Nordhanges. Infolge des Talverlaufs weht der Wind überwiegend von Norden nach Süden und steht somit senkrecht auf der Reihe. Der hohe Ovalitätsquotient wird hier durch das Zusammenwirken von Wind- und Hangrichtung verursacht.

*Die Untersuchung weist nach, daß selbst extrem weite Reihenverbände keine Exzentrizität des Baumquerschnittes verursachen. Der in oben angeführten Untersuchungen erwähnte Einfluß von*

*Wind und Hang auf die Ausformung der Baumdurchmesser wird voll bestätigt.*

### 5.4 *Stärkenzuwachs*

Ein wichtiger Wertmaßstab ist der mittlere Brusthöhendurchmesser. Höhere Durchmesser erfordern nach dem Stück-Masse-Gesetz relativ geringere Aufarbeitungskosten und erbringen höhere Erlöse pro Festmeter. Bei der Gegenüberstellung des mittleren Brusthöhendurchmessers der 500 stärksten Bäume des Prüfbestandes mit dem des Vergleichsbestandes konnte keine gesicherte Abhängigkeit der Durchmesserentwicklung vom Ausgangsstandraum festgestellt werden. Die aus vielen Verbandsversuchen bekannte Förderung des Stärkenwachstums durch Weitverbände wirkt sich besonders positiv auf die ersten Durchforstungen aus. Infolge der Einwirkung der Durchforstungen auf das spätere Bestandeswachstum verliert sich der ursprüngliche Einfluß des Ausgangsverbandes auf das Dickenwachstum im späteren Bestandesleben offenbar weitgehend. Immerhin konnte eine deutliche Tendenz zur Ausbildung stärkerer Brusthöhendurchmesser infolge weiterer Reihenverbände festgestellt werden.

### 5.5 *Weiserflächen Altenkirchen, Seedorf, Neuenheerse*

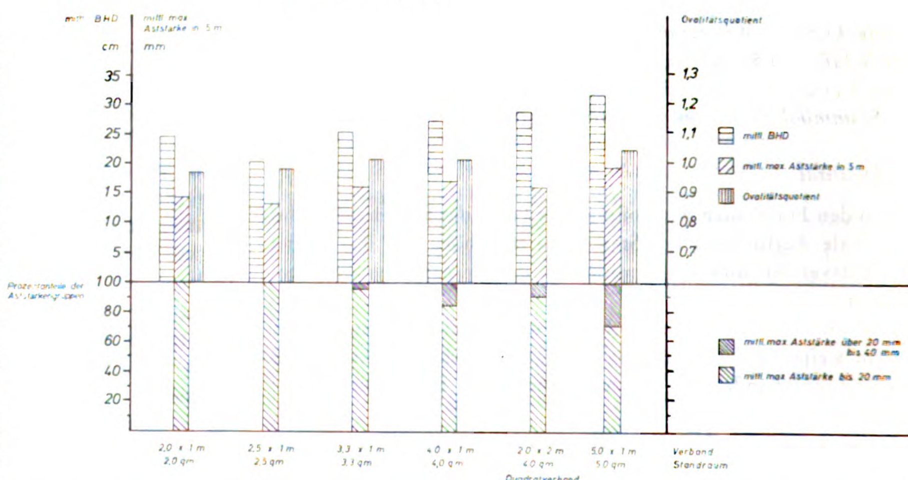
Die in den Abschnitten 5.1 bis 5.4 festgestellten Gesetzmäßigkeiten konnten an einigen Beispielen, bei denen in ein und demselben Bestand mehrere verschiedene Verbände verwendet worden waren, überprüft werden.

kengruppen angegeben. Der wiedergegebene Brusthöhendurchmesser (BHD) errechnet sich als arithmetisches Mittel der BHD-Messungen in und quer zur Reihe der 500 stärksten Stämme je ha. Der Brusthöhendurchmesser nimmt mit dem Reihenabstand kontinuierlich zu (von 20,2 cm bei einem Reihenabstand von 2,5 m bis 32,6 cm bei einem Reihenabstand von 5 m). Der Bestand mit dem Reihenabstand von 2 m hat einen höheren Brusthöhendurchmesser als erwartet; dieses kann die Auswirkung einer stärkeren Durchforstung in der Jugend sein. Der Bestand im Quadratverband von 2 x 2 m liegt im Brusthöhendurchmesser nur unwesentlich höher als der Bestand mit dem Reihenabstand von 4 m.

Der Ovalitätsquotient der Bestände mit Reihenabständen von 2 bis 4 m schwankt um $Oq_{1,3}$ = 1,0 (0,98 bis 1,01); lediglich der Bestand mit dem 5 m Reihenabstand hat einen relativ hohen Ovalitätsquotienten von $Oq_{1,3}$ = 1,04. Die Reihenrichtung verläuft bei diesem Bestand im Gegensatz zu den übrigen von NW nach SO und somit senkrecht zur Windrichtung. Diese Beobachtung unterstreicht die Aussage in Abschnitt 5.3 über den Einfluß des Windes auf die Ovalität.

Die mittlere maximale Aststärke der Gassenäste steigt von 13,2 (Reihenabstand 2,5 m) bis 19,4 (Reihenabstand 5 m) kontinuierlich an. Auch hier weist der Bestand mit dem Reihenabstand von 2 m einen etwas höheren Wert als erwartet auf. Die mittlere maximale Aststärke bei dem 5 m Reihenabstand liegt mit 19,4 noch unter der Bewertungsgrenze von 20 mm. Der Quadratverband (2 x 2 m) hat etwa die gleiche Aststärke wie die Reihenverbände 3,3 x 1,0 m und 4,0 x 1,0 m.

Abbildung 6
*Qualitätsvergleich der Weiserflächen Altenkirchen.*
In dem 63jährigen Fichtenbestand 0,9. Ekl steigt — ausgenommen den 2,0 x 1,0 m-Verband — der mittlere Brusthöhendurchmesser der 500 stärksten Bäume je ha mit zunehmendem Ausgangsstandraum der Pflanzen an. Die gleiche Tendenz hat die mittlere maximale Aststärke. Bis zu einem Reihenabstand von 3,30 m ist der C-Holz-Anteil (= Bäume mit mittl. max. Astdurchmesser in 5 m Höhe über 20 mm) gleich Null oder unbedeutend (5 %). Bei weiterem Ausgangsstandraum steigt der C-Holz-Anteil erheblich an. Bis zu einem Reihenabstand von 4 m ist keine Ovalität festzustellen. Lediglich beim 5 m-Reihenverband ist der Ovalitätsquotient relativ hoch (1,04). Abweichend von den übrigen Reihenbeständen verläuft die Reihenrichtung hier von SO nach NW und somit senkrecht zu den S-W-Winden.




Average breast height diameter, average maximal branch diameter at 5 m stem height, eccentricity quotient and C-quality percentage in the Altenkirchen sample-plots.

*Weiserflächen Altenkirchen*

In der Unterabteilung 232 b des Staatlichen Forstamtes Altenkirchen (Rheinland-Pfalz) konnten 5 Fichten-Bestände mit unterschiedlichem Reihenverband und 1 Fichten-Quadratverband aufgenommen werden. Die 6 Flächen hatten folgende Ausgangsverbände: 2,0 x 1 m; 2,5 x 1 m; 3,3 x 1 m; 4,0 x 1 m; 5,0 x 1 m; 2,0 x 2 m. Die 6 Bestände sind voll vergleichsfähig. Sie sind gleichalt (63jährig), haben dieselbe Ertragsklasse (0,9 EKl) und stocken in ca. 290 m Höhe über NN auf tiefgründigem Lehm (diluvialer Decklehm). Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 7,7 °C (Vegetationszeit: 14,3 °C), die Jahresniederschläge liegen zwischen 1100 und 1200 mm. In Abbildung 6 werden diese 6 Bestände verglichen. Im einzelnen werden bei diesem Qualitätsvergleich der mittlere Brusthöhendurchmesser, die mittlere maximale Aststärke in 5 m Höhe, der Ovalitätsquotient sowie die Prozentanteile der Aststär-

Aussagefähiger als die mittlere maximale Aststärke erscheint uns der Prozentanteil der Aststärkengruppe über 20 mm und damit der C-Holzanteil. Bis zu einem Reihenabstand von 3,30 m ergibt sich ein C-Holzanteil, der ganz wesentlich unter dem Mittel der C-Holzanteile aller Vergleichsbestände dieser Untersuchung von 12,7 % liegt. Hinsichtlich seines C-Holzanteils schneidet der 3,3 m Reihenverband günstiger ab als der 2 x 2 m-Verband. Erst bei einem noch größeren Reihenabstand nimmt der C-Holzanteil deutlich zu; er beträgt bei 4 m 16 % und bei 5 m 30 %. Der C-Holzanteil des 2 x 2 m-Verbandes von 10 % dürfte noch gerade zu tolerieren sein.

*Auf Grund der Untersuchung dieser 6 Vergleichsflächen kann abschließend festgestellt werden: Bei gleichem Standort und bei ähnlicher Behandlungsart wirken sich stark unterschiedliche Ausgangsverbände offenbar noch auf den Brusthöhendurchmesser der*

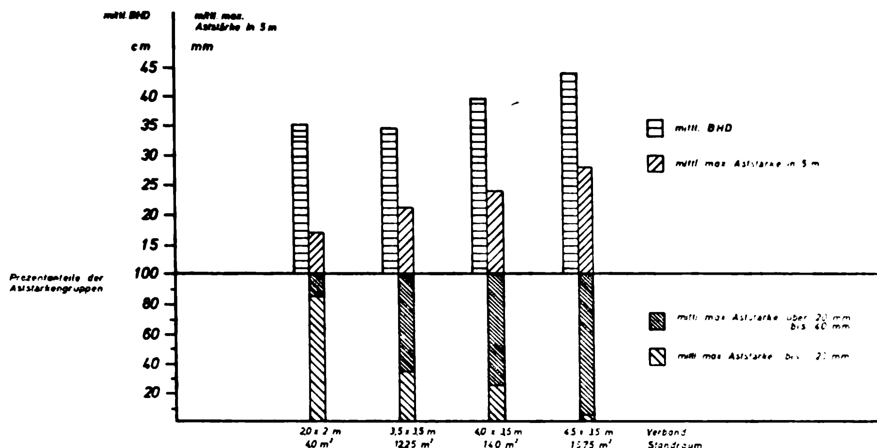


Abbildung 7
*Qualitätsvergleich der Weiserflächen Seedorf.*
In dem 72jährigen Fichtenbestand I. EKl wirkt sich der extrem weite Ausgangsstandraum deutlich auf den mittleren Brusthöhendurchmesser der 500 stärksten Bäume je ha aus. Mit zunehmendem Pflanzabstand steigen mittlere maximale Aststärke und Anteile der C-Holzstämme sehr stark an. Hinsichtlich der Qualität ist lediglich der 2 x 2 m-Verband noch gerade befriedigend.

Average breast height diameter, average maximal branch diameter (at 5 m stem height) and C-quality percentage in the Seedorf sample-plots.

*herrschenden Bäume bis zu einem Bestandesalter von ca. 60 Jahren aus. Ein Reihenabstand bis zu 3,30 m hat die Baumqualität nicht nennenswert verschlechtert.*

*Weiserflächen Seedorf*

In der Abteilung 113a der Revierförsterei Seedorf des Graf von Westfalen'schen Forstamtes konnten 4 Fichten-Bestände in verschiedenen Quadrat- und Rechteckverbänden aufgenommen werden. Im einzelnen wurden hierbei die Verbände 2,0 x 2,0 m, 3,5 x 3,5 m, 4,0 x 3,5 m und 4,5 x 3,5 m verglichen. Alle 4 Bestände sind 72 Jahre alt und gehören zur I. Ertragsklasse. Die Bestände stocken in ca. 40 m Höhe über NN auf sandigem Lehm; der jährliche Niederschlag liegt zwischen 750 und 800 mm. In Abbildung 7 sind die Aufnahmergebnisse dieser 4 Flächen nach der Größe ihres ursprünglichen Standraumes geordnet, dargestellt.

Der Brusthöhendurchmesser nimmt mit dem Standraum von 12,25 m² bis 15,75 m² ständig zu. Der Bestand mit dem geringsten Standraum von 4 m² erreicht denselben Durchmesser wie der Fichten-Bestand mit dem nächst größeren Standraum. Diese Tatsache kann auf eine stärkere Durchforstung zurückgeführt werden, da die derzeitige Stammzahl pro ha etwa dieselbe ist wie bei dem Bestand mit dem 3,5 m² Verband. Ähnlich wie in Altenkirchen wirken sich auch hier die extrem weiten Verbände auf den Brusthöhendurchmesser der herrschenden Bäume noch in höherem Bestandesalter (72 Jahre) aus.

Die mittlere maximale Aststärke und der Anteil der Aststärkengruppe über 20 mm (und damit der C-Holzanteil) steigen kontinuierlich mit dem Standraum an. Der extrem weite Rechteckverband (4,5 x 3,5), der mit nur 630 Pflanzen je ha begründet wurde, besteht fast ausschließlich aus C-Holz.

*Von den 4 untersuchten Beständen ist lediglich der 2 m² Verband hinsichtlich der Qualität noch befriedigend. Im Hinblick auf unsere Qualitätsansprüche dürfte dieser Verband i. a. die äußerste Grenze für einen weiten Quadratverband darstellen. Sollte dennoch ein weiterer Verband gewählt werden, erscheint eine Ästung zur Erhaltung einer ausreichenden Qualität unbedingt erforderlich.*

*Weiserflächen Neuenheerse*

In der Abteilung 106 des staatlichen Forstamtes Neuenheerse (Nordrhein-Westfalen) konnten in einem 106 Jahre alten Fichtenbestand II,5 Ertragsklasse Weiserflächen mit verschiedenen Reihenabständen aufgenommen werden. Der Bestand stockt in 385 m Höhe über NN (Eggegebirge) auf fast ebenem Gelände. Der Boden besteht aus lehmigem Sand aus Gaultsandstein. Das Klima wird gekennzeichnet durch eine Jahresmitteltemperatur von 6,3 °C, eine mittlere Temperatur in der Vegetationszeit von 12,9 °C und einem jährlichen Niederschlag von 927 mm.

Die drei Weiserflächen hatten folgende Reihenabstände: Nr. 23: 2,0 x 1,0 m, Nr. 22: 2,5 x 1,0 m und Nr. 21: 5,0 x 1,0 m. Die Reihenrichtung war bei sämtlichen drei Flächen N-S. In Abbildung 8 werden für diese Flächen der mittlere Brusthöhendurchmesser, die mittlere maximale Aststärke in 5 m, der Ovalitätsquotient und der Anteil der C-Holzstämme angegeben.

In diesem 106jährigen Fichtenbestand wirkt sich auf den mittleren Brusthöhendurchmesser des Endbestandes in ganz starkem Ausmaß neben dem Ausgangsverband die spätere Bestan-

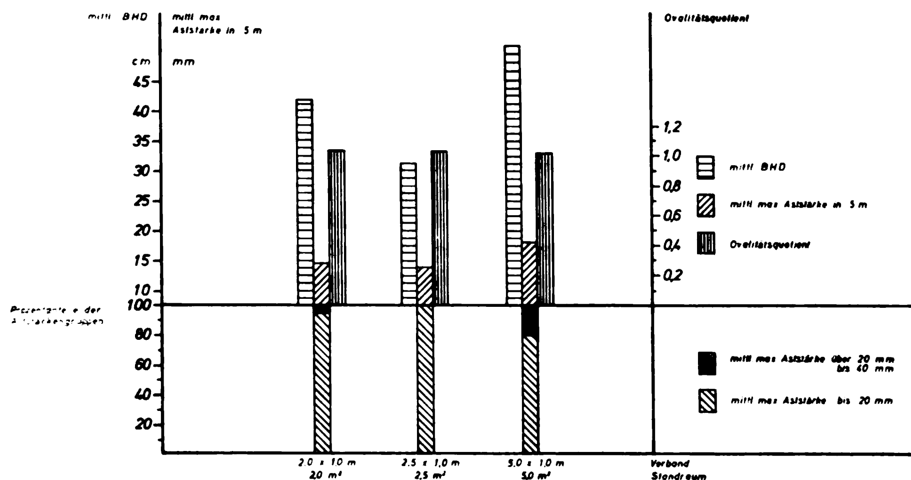


Abbildung 8
*Qualitätsvergleich der Weiserflächen Neuenheerse Abt. 106.*
In dem 106jährigen Fichtenbestand II,5 EKl wirkt sich der extrem weite Ausgangsverband (5,0 x 1,0 m) deutlich auf den mittleren Brusthöhendurchmesser des Endbestandes aus. Mittlere Aststärke und C-Holz-Stammanteil dieses sehr weiten Reihenverbandes sind wesentlich höher als bei den beiden engeren Verbänden. Alle drei Verbände haben infolge ihrer quer zur Windrichtung verlaufenden Reihenrichtung einen relativ hohen Ovalitätsquotienten (2,0 x 1,0 m = 1,037; 2,5 x 1,0 m = 1,033; 5,0 x 1,0 m = 1,022). Ein Einfluß des Reihenabstandes auf die Ovalität besteht nicht.

Average breast height diameter, average maximal branch diameter at 5 m stem height, eccentricity quotient and C-quality percentage in the Neuenheerse sample-plots.

desbehandlung aus. So ist zu erklären, daß der Brusthöhendurchmesser des 2,0 x 1 m-Verbandes (42,1 cm) größer ist als der des 2,5 x 1 m-Verbandes (31,0 cm). Der extrem weite Reihenverband (5,0 x 1 m) hat jedoch bis zu diesem hohen Bestandesalter seine Überlegenheit im Stärkenwachstum (BHD = 50,7 cm) erhalten. Die beiden verhältnismäßig engen Reihenverbände haben etwa die gleiche mittlere maximale Aststärke in 5 m Höhe (2,0 x 1 m = 14,96 mm, 2,5 x 1 m = 13,15 mm). Deutlich stärker, aber auch noch unter der 20 mm-Grenze ist der extrem weite Reihenverband (17,92 mm). Entsprechend ihrer mittleren maximalen Aststärke unterscheiden sich die drei Verbände auch in ihrem C-Holzanteil. Die beiden engeren Reihenverbände haben einen 5 %igen bzw. 0 %igen Anteil, der extrem weite Verband dagegen bereits einen 20 %igen C-Holzanteil.

Der weiteste Reihenverband hat eine positive Ovalität von 1.022, die beiden anderen Reihenverbände haben sogar noch eine höhere Ovalität (2,0 x 1 m = 1.037, 2,5 x 1 m = 1.033). Man erkennt auch hieraus sehr deutlich, daß selbst der sehr weite Abstand zwischen den Reihen keinen Einfluß auf die Ovalität hat. Die Ovalität wird in allen drei Fällen allein durch den Wind verursacht, der senkrecht auf die in N-S-Richtung verlaufenden Reihen trifft.

*Extrem weite Reihenverbände wirken sich offenbar bis zur Umtriebszeit auf die Stärke des Brusthöhendurchmessers aus. Sie bewirken zwar eine deutliche Qualitätsverschlechterung durch stärkere Ästigkeit, haben aber keinerlei Einfluß auf die Ovalität des Stammquerschnittes.*

## 6. Diskussion und Folgerungen für die Praxis

Die Untersuchungen bestätigen den offenbar großen Einfluß von Standort und Provenienz auf die Qualität des Fichtenholzes. Diese Tatsache sowie die sehr verschiedenartige spätere Bestandesentwicklung können sich auf die Ästigkeit der Fichte stärker auswirken als der Ausgangsverband. Es wäre also falsch, aufgrund eines Einzelbestandes irgendwelche Rückschlüsse auf den Einfluß des Reihenabstandes auf die Aststärke zu ziehen. Die hier aufgezeigten negativen Einwirkungen extrem weiter Verbände konnten daher nur an Hand einer größeren Anzahl von Prüfbeständen nachgewiesen werden, denen jeweils ein Vergleichsbestand gegenübergestellt wurde.

Als Kriterium für die Güteansprache stehender Fichten hat sich der stärkste Ast in 5 m Höhe sehr gut bewährt. Bäume mit einem maximalen Astdurchmesser ohne Rinde von über 20 mm können als „C-Holz-Stämme" angesprochen werden. Der Anteil an „C-Holzstämmen" von den 500 stärksten Fichten je ha (also etwa den Bäumen des Fichtenendbestandes charakterisiert die Qualität eines Fichtenbestandes. Man kann erkennen, daß auch bei den engbegründeten Beständen infolge der oben aufgezählten Einflußgrößen der C-Holzanteil sehr stark variiert. In sehr vielen Fällen ist danach durch eine — aus betriebswirtschaftlichen Gründen abzulehnende — engere Kulturbegründung keine Feinästigkeit zu erzielen. Zu dieser Erkenntnis ist neuerdings auch Dumm (4) gekommen. Aufgrund von Untersuchungen über die Astdurchmesser der Fichte im Vogelsberg stellt er fest, daß auf den hier vorherrschenden optimalen Standorten die natürliche Differenzierung und Stammzahlreduzierung sehr schnell vonstatten geht. Infolgedessen wird im Alter von 40 Jahren die nach Merkel (13) zur Erziehung feinästigen Fichtenholzes erforderliche kritische Standfläche je herrschenden Baum von 5,00 - 5,50 qm schon weit überschritten. Die von Merkel angestrebten Baumqualitäten sind demnach auf solchen guten Standorten mit dem bisher verwendeten genetischen Material nicht zu erzielen.

Die Prüfung vergleichsfähiger Bestände ergab, daß bei den weitständigen Reihenbeständen auch die Gassenäste durch den engen Pflanzenabstand in der Reihe deutlich beeinflußt werden. Bei der Beurteilung eines bestimmten Verbandes verdient daher neben dem Reihenabstand der Abstand in der Reihe große Beachtung. Je weiter der Reihenabstand gewählt wird, um so enger muß die Fichte in der Reihe gepflanzt werden, um einer bestimmten Qualitätsanforderung entsprechen zu können. Die bisher vertretene Auffassung, daß Reihenverbände zwischen 2,50 und 3,00 m Reihenabstand voll den Qualitätsnormen genügen, findet in dieser Untersuchung ihre Bestätigung. Bei einem 2,50 m-Abstand spielt der Abstand in der Reihe noch keine entscheidende Rolle. Ein Abstand bis zu 1,50 m dürfte hier noch zu vertreten sein. Bei dem heute zunehmend verwendeten 3 m-Reihenverband sollte der Abstand der Reihe i. a. 1 m, höchstens jedoch 1,20 m betragen; dieser Verband entspricht Pflanzenzahlen von 3333 bzw. 2778 Stück je ha. In besonders gefährdeten Gebieten, z. B. den schneebruch- und rotwildgefährdeten Lagen des Harzes, wird heute z. T. ein noch weiterer Reihenabstand bevorzugt. Die Prüfungen ergaben, daß ein Reihenabstand bis zu etwa 3,50 m keine Verschlechterung der Fichtenqualität hervorzurufen braucht, vorausgesetzt, daß die Bäume in der Reihe eng stehen. Als weitester Reihenverband käme der Verband 3,50 x 1,00 m mit 2857 Pflanzen je ha in Betracht. Bei Verwendung von Quadratverbänden sollte man im Hinblick auf die Qualität des Fichtenholzes auf den hier behandelten meist besseren Standorten nicht über den 2 m-Abstand hinausgehen. Wählt man aus den eben erwähnten Sicherheitsgründen jedoch einen noch weiteren Quadrat- oder Reihenabstand, muß nicht nur mit einem deutlichen Anstieg der Aststärke, sondern auch mit einer wesentlichen Zunahme des Anteils von C-Holzstämmen gerechnet werden. Diese extrem weiten Verbände sollten daher nur ausnahmsweise verwendet werden. Zu denken wäre hierbei z. B. an schlecht zu erschließende und extrem schneebruchgefährdete Hochlagen, die nur extensiv bewirtschaftet werden können. Die oben besprochenen extrem weiten Pflanzabstände würden nicht nur die Bestandessicherheit erhöhen, sondern auch spätere Pflegemaßnahmen (Läuterung und Durchforstung) weitgehend entbehrlich machen.

## 7. Zusammenfassung

Die in den letzten Jahren international geführte Diskussion über *Rationalisierungsmöglichkeiten in der Fichtenwirtschaft* erbrachte als Empfehlung eine Erweiterung der Pflanzverbände. Bis zu einer bestimmten Verbandsweite lassen Fichten-Weitverbände eine Einsparung an Kultur- und Läuterungskosten bei gleicher Massen- und Qualitätsleistung, eine Einschränkung der Schwachholzproduktion sowie eine Erhöhung der Betriebssicherheit erwarten. Von Seiten der forstlichen Praxis wird häufig eine zu befürchtende Qualitätsverschlechterung (infolge größerer Aststärke und Schaftovalität) als Einwand gegen die Anwendung von Weitverbänden, insbesondere von weiten Reihenverbänden, vorgebracht.

*Vorliegende Arbeit prüft den Einfluß der Weitverbände auf die Qualität des Fichtenholzes.*

Ausführlich wird auf die Probleme derartiger Qualitätsuntersuchungen eingegangen. Hierbei wird insbesondere auf die große Abhängigkeit der Aststärke von Standort und Provenienz hingewiesen. Um diese Faktoren bei der Beurteilung von Weitverbänden zu eliminieren, müssen die Prüfbestände engbegründeten Vergleichsbeständen gegenübergestellt werden. Eingehend wird die Frage nach einem geeigneten Qualitätsmaßstab für stehende Fichtenstämme diskutiert. Eine Voruntersuchung im Forstamt Hardegsen ergab (s. Abbildung 1), daß die maximale Aststärke von 20 mm in 5 m Höhe einen ausgezeichneten Schwellenwert bei der Einteilung der Bäume in Güteklasse B und C darstellt. Die Untersuchung macht deutlich, daß im ganzen nord- und westdeutschen Raum seit über 100 Jahren in größerem Umfang immer wieder weite Verbände, besonders auch weite Reihenverbände, Verwen-

dung fanden. Ausgesprochene Schwerpunkte für die weitständige Bestandesbegründung liegen im Sauerland und im Egge-Gebirge. Organisations- und Kostengründe sowie die besonderen Untersuchungsanforderungen gestatteten es nicht, alle genannten Bestände aufzunehmen. Das eigentliche *Untersuchungsmaterial* besteht aus 71 Beständen, die sich auf die Länder Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz verteilen (Abbildung 2). Die Auswahl aus der Fülle der benannten Fichtenweitbestände erfolgte danach, ob ein nach Alter und Standort vergleichbarer, enger begründeter Bestand gleichzeitig untersucht werden und ob eine Beeinflussung des Wachstumsablaufes der Fichten durch früheren, (meist Laubholz-) Zwischenstand ausgeschlossen werden konnte. Von den 71 untersuchten Beständen sind 35 Reihenverbände mit Reihenabständen zwischen 2 m und 6 m und Pflanzenzahlen zwischen 5200 und 1100 Stück je ha. Die untersuchten Bestände verteilen sich relativ gleichmäßig auf die Altersklassen II (21 - 40 Jahre) bis VI (101 - 120 Jahre). Weiter wurden 10 weite Quadrat- und Rechteckverbände aufgenommen, die in der Altersspanne von 31 bis 92 Jahren liegen und deren Pflanzabstände 2,0 bis 4,5 m betragen. Die restlichen 26 Bestände sind Vergleichsbestände, welche aus engen und mittleren Quadrat- und Rechteckverbänden entstanden sind. Die Standorte variieren erwartungsgemäß stark (Tabelle 1). Von den 71 Untersuchungsbeständen liegen 29 in der I,0 Ertragsklasse, 16 in der I,5 EKl, 11 in der II,0 EKl, 11 in der II,5 EKl und 4 in der III,0 EKl.

Die Informationen aus jedem Prüfbestand konnten an Vergleichsbeständen gemessen werden; bei 45 Flächen gehören Prüfbestand und Vergleichsbestand sogar zu derselben Unterabteilung. Die Größe der Aufnahmefläche betrug i. a. 0,04 ha (bei stammzahlarmen Altbeständen bis zu 0,1 ha). Neben der genauen Ermittlung des Brusthöhendurchmessers (auf 0,1 cm) in und quer zur Reihe (bzw. in und quer zur Richtung des überwiegend stärksten Durchmessers in Quadrat- und Rechteckverbänden) wurden die Reihenrichtung, die Hauptwindrichtung sowie die Hangneigung und die Hangrichtung erfaßt. Bei den 500 besten bzw. stärksten Bäumen je ha, d. s. 20 Bäume pro Aufnahmefläche, wurden in 1 m, 3 m und 5 m Höhe der horizontale Durchmesser des stärksten Astes (auf 0,1 mm) in und quer zur Reihe (bzw. des stärksten Astes unabhängig einer bestimmten Richtung bei Quadrat- und Rechteckverbänden) gemessen. Bei einem Teil der Probeflächen wurde nur eine Aststärkenermittlung in 5 m Höhe quer zur Reihe vorgenommen.

*Untersuchungsergebnisse:*

Die *Aststärken* nehmen mit der Baumhöhe zu. Die Äste quer zur Reihe (Gassenäste) sind i. a. deutlich stärker als die Äste in der Reihe (Reihenäste). Die Mittel der Gassenaststärken in 5 m Höhe überschreiten nur in 5 Fällen die Schwelle von 20 mm. Es besteht keine klare Abhängigkeit der durchschnittlichen maximalen Aststärke vom Reihenabstand. Bei Reihenabständen von 2,9 m und 3,0 m ergaben sich durchschnittliche maximale Aststärken, die zwischen 13,8 und 20,8 mm lagen; ein Bestand mit dem Reihenabstand von 5,5 m wies dagegen lediglich ein Aststärkenmittel von 15,6 mm auf. Die Gegenüberstellung mit den entsprechenden Daten der Vergleichsbestände (Tabelle 2) machte deutlich, daß diese starken Variationen der absoluten Durchmesserwerte weitgehend durch andere Faktoren, wie v. a. den Standort und die Provenienz, bestimmt werden. Aus Tabelle 2 und Abbildung 3 ist zu erkennen, daß Reihenverbände bis zu einem Reihenabstand von einschließlich 3 m gegenüber dem Vergleichsbestand im Durchschnitt keine Zunahme der mittleren maximalen Aststärke aufweisen. Die Untersuchung weist darüberhinaus nach, daß der enge Pflanzabstand in der Reihe deutlich auch die Stärke der Äste quer zur Reihe (Gassenäste) beeinflußt. Bei einem engen Pflanzabstand in der Reihe (1,0 m) kann der Reihenabstand bis ca 3,5 m erweitert werden, ohne daß eine die Qualität mindernde Zunahme der Aststärke eintritt. Bei den weiten Quadrat- und Rechteckverbänden befriedigt hinsichtlich des Aststärkenvergleichs kein Verband bis herunter zum Pflanzabstand von 2,5 m; alle weiten Quadrat- und Rechteckverbände liegen an der oberen Begrenzungslinie des Streubandes in Abbildung 3. Der quantitative Vergleich der *C-Holzanteile* von Prüf- und Vergleichsbestand (Abbildung 4) ergibt, daß bei engem Abstand in der Reihe ein Reihenabstand bis zu ca. 3,50 m keine Verschlechterung hinsichtlich der die Stammbewertung beeinträchtigenden Ästigkeit verursacht. Ab 4 m Reihenabstand ist der C-Holzanteil deutlich höher als der des Vergleichsbestandes.

Um den Einfluß des weiten Reihenverbandes auf die *Ausformung des Baumquerschnittes* in Brusthöhe zu prüfen, wurde der Ovalitätsquotient ($Oq_{1,3}$) als das Verhältnis zwischen den Brusthöhendurchmessern quer und denen in der Reihe gebildet. Aus Abbildung 5 ist zu erkennen, daß keine Abhängigkeit der Ovalität vom Reihenabstand besteht. Es konnten die Beobachtungen anderer Autoren bestätigt werden, daß ein enger Zusammenhang zwischen Windeinwirkung und Stammovalität in Brusthöhe besteht. Bei einem Reihenverlauf N-S oder NW-SO ergibt sich bei überwiegend W- oder SW-Winden eine Ovalität zugunsten des Brusthöhendurchmessers quer zur Reihenrichtung; verlaufen die Reihen von W nach O bzw. von SW nach NO und damit in der Hauptwindrichtung, so sind die Durchmesser in der Reihe stärker ausgebildet als quer zur Reihe. Der Auftreffwinkel des Windes bestimmt somit offenbar die Richtung der Ausbildung des stärkeren Durchmessers. Die Untersuchungsergebnisse lassen nicht den eindeutigen Schluß zu, daß die erwünschte stärkere *Brusthöhendurchmesser-Ausbildung* auf eine Bestandesbegründung durch Weitverbände zurückzuführen ist. Der Durchforstungseffekt spielt offenbar eine bedeutende Rolle. Immerhin zeichnet sich die Tendenz ab, daß weitere Pflanzabstände größere Brusthöhendurchmesser auch noch im höheren Bestandesalter zur Folge haben.

In den Forstämtern *Altenkirchen, Graf zu Westfalen'sches Forstamt (Revierförsterei Seedorf) und Neuenheerse* konnten unterschiedliche Fichtenweitbestände jeweils in derselben Abteilung aufgenommen werden; im Forstamt Altenkirchen wurden 5 verschiedene Reihenbestände (Reihenabstand 2,0 m; 2,5 m; 3,3 m; 4,5 m) und ein Quadratverband (2 x 2 m), in Seedorf 4 weite Quadratverbände (2 x 2 m; 3,5 x 3,5 m; 4 x 3,5 m; 4,5 x 3,5 m) und in Neuenheerse 3 Reihenverbände (Reihenabstand 2,0 m; 2,5 m und 5,0 m) erfaßt. Die Flächen waren aufgrund desselben Standortes und Alters voll vergleichsfähig.

Der *Brusthöhendurchmesser* erwies sich als abhängig vom Ausgangsstandraum; bis zum Alter von 60 Jahren in Altenkirchen und bis zum Alter von 72 Jahren in Seedorf wirkte sich der Kultur-Verband noch stärker als die Durchforstungseingriffe aus. Die Aufnahmeflächen in Neuenheerse mit einem Alter von 106 Jahren ließen dagegen deutlich die Wirkung der Durchforstung erkennen, lediglich der extrem weite Verband von 5 x 1 m hat seine Durchmesserüberlegenheit bis zu diesem Alter bewahrt. In den Forstämtern Altenkirchen und Neuenheerse wird bestätigt, daß die Ausbildung der *Ovalität* unabhängig von dem Reihenabstand ist. Die *durchschnittliche* maximale Aststärke steigt in allen drei Forstämtern mit dem Reihenabstand bzw. dem Standraum an. Der C-Holzanteil folgt in der Tendenz dem Aststärkenmittel.

Bei *kritischer Würdigung* aller vorliegender Teilergebnisse wird der forstlichen Praxis die Anwendung von Reihenverbänden mit einem Reihenabstand von 2,5 m bis 3,0 m empfohlen. Der für den 2,5-m-Reihenverband nicht relevante Pflanzabstand in der Reihe sollte bei dem 3 m-Reihenverband auf 1 m, höchstens auf 1,20 m beschränkt werden. Soll aus Gründen höherer Betriebs-

sicherheit ein weiterer Reihenverband von 3,50 m gewählt werden, darf der Pflanzabstand in der Reihe 1,0 m nicht überschreiten, sofern eine normale Fichtenqualität erzielt werden soll. Bei Quadratverbänden sollte ein größerer Abstand als 2 m nicht gewählt werden. Bei Verwendung von noch weiteren Quadrat- und Reihenverbänden muß mit einem deutlichen Anstieg der Aststärke und mit einer wesentlichen Zunahme des C-Holzanteiles gerechnet werden. Diese extrem weiten Verbände sollten daher nur in Ausnahmefällen, z. B. bei einer ausgesprochenen extensiven Fichtenwirtschaft angewendet werden.


**Summary**

Title of the paper: *Investigation of tree quality in Norway Spruce stands planted at wide spacing.*

A pilot study showed maximum branch diameter 5 m high to be an excellent threshold for dividing trees into quality classes B and C (fig. 1). 35 line-planted stands (2 - 6 m line intervals, density 5200 to 1100 trees/ha), 10 stands with square or rectangular 2 - 4,5 m spacing, and 26 control stands were studied in Northwest Germany (fig. 2).

Branch diameters increase with height. Branches across lines are generally noticeably thicker than those parallel to lines. There is no clear association between maximum branch thickness at 5 m and line spacing. The large variation of branch diameter is largely due to other factors, above all site and provenance. Line-planted stands do not differ in mean max. branch thickness from controls up to and including 3 m interval. Dense planting along lines affects noticeably branch diameters also across-line. At close spacing in the line (1 m) no loss in quality occurs up to 3.5 m line interval. Square and rectangular spacing above 2 m produces too big branches in alle cases. The per cent C-quality is consequently increased only above 3.5 m line interval (fig. 4). The shape of the bole cross section at breast height is unaffected by line interval distance (fig. 5, but is strongly associated with wind effects. There is a tendency for wide planting to produce larger diameters b. h. even at higher stand ages. The application of line intervals of 2,5 to 3,0 and planting distances of 1 - 1,2 m is recommended. At a line interval of 3,5 m the planting distance must not exceed 1 m. Maximum square spacing should be 2 m. At wider spacings in line and square plantings, a considerable increase of branch diameters and a significant increase on the C-quality proportion must be expected.



**Résumé**

Titre de l'article: *Recherches sur la qualité des arbres dans les peuplements d'épicéa plantés à larges écartements.*

On a étudié dans ce travail l'influence d'une plantation à larges écartements, en lignes ou en carrés, sur la qualité du bois d'épicéa. Une expérience préalable (tableau 1) a montré qu'une grosseur maximale de 20 mm pour les branches situées à 5 m de hauteur constituait une limite appropriée pour répartir les arbres entre les classes de qualité B et C. Les expériences ont porté sur 71 peuplements du N-W de l'Allemagne. Les peuplements ont été choisis en tenant compte de l'existence de peuplements plantés à faible écartement comparables aussi bien pour l'âge que pour les conditions de station. On a testé 35 peuplements en lignes, les lignes étant écartées de 2 à 6 m, soit entre 5 200 et 1 100 plants à l'hectare, 10 peuplements plantés en carrés ou en rectangles avec des distances entre plants de 2,0 à 4,5 m et 26 peuplements de référence plantés à faibles écartements.

*Résultats des expériences*

La grosseur de branches croît en même temps que la hauteur des arbres. Les branches se développant perpendiculairement à la ligne de plantation sont en général significativement plus grosses que celles qui sont dans la direction de la ligne. Il n'existe pas de relation nette entre la grosseur maximale moyenne des branches à 5 m de hauteur et la distance entre lignes. D'autres facteurs, entre autres la station et la provenance, ont une influence bien plus marqueé sur la grosseur des branches. Tant que la distance entre lignes ne dépasse pas 3 mètres, la grosseur maximale moyenne des branches n'est pas, en général, supérieure à celle calculée dans les peuplements de référence. Lorsque la distance entre arbres sur la ligne est faible, la grosseur des branches se développant perpendiculairement à la ligne est également nettement influencée. Pour une faible distance entre arbres sur la ligne (1,0), la distance entre lignes peut atteindre 3,5 m sans que la qualité ne soit influencée; dans les plantations en carrés ou en rectangles avec des distances entre arbres supérieures à 2 m, on a toujours des branches plus grosses. En conséquence, la proportion de bois de la classe C dans un peuplement en lignes est significativement plus élevée que dans les peuplements de référence dès que la distance entre lignes dépasse 3,5 m (tableau 4). Il n'y a aucune corrélation entre l'ovalité des fûts à hauteur d'homme et la distance entre ligne (tableau 5). Par contre, il existe une corrélation étroite entre l'ovalité et d'action du vent. Le plus fort diamètre à 1,30 m observé dans les peuplements à larges espacements se maintient dans les peuplements plus âgés. On recommande donc pour la pratique forestière le recours à des plantations en lignes:

— distance des arbres sur la ligne: de 1,0 à 1,2 m
— écartement entre lignes: 2,0 à 2,5 m.

Si l'écartement des lignes est de 3,50 m, la distance entre plants sur la ligne ne doit pas dépasser 1 m. Dans les plantations en carrés l'espacement entre arbres ne doit pas dépasser 2 m. Si on plante en lignes ou en carrés à des espacements plus grands, on doit s'attendre à ce que la grosseur des branches et la proportion de bois de la classe C soient fortement augmentées.

J. M.


**Literatur:**


1. Abetz, P. und Merkel, O., 1968: „Aststärken und Schaftovalität in Fichtenreihenbeständen". Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, S. 138 ff. — 2. Bergel, D., 1965: „Waldbauliche, ertragskundliche und betriebswirtschaftliche Untersuchungen über weiten oder engen Verband bei der Fichte nach Verbandsversuchen im Forstamt Gahrenberg". Staatsprüfungsarbeit, Wiesbaden. — 3. Bernhart, A., 1960: „Untersuchungen über die Ästigkeit von Fichten aus dem Bayerischen Wald". Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayern, H. 31, S. 41. — 4. Dumm, G., 1970: „Der Einfluß des Verbandes auf Schneebruchgefährdung und Astbildung". Hessischer Forstverein, Jahresbericht. — 5. Knigge, W. - Schulz, H., 1966: „Grundriß der Forstbenutzung". Hamburg und Berlin. — 6. Köster, E., 1934: „Die Astreinigung der Fichte". Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, S. 393. — 7. Kramer, H., 1962: „Kronenaufbau und Kronenentwicklung gleichalter Fichtenpflanzbestände". Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, S. 249. — 8. Kramer, H., 1963: „Biologische Grenzen der Fichtenästung". Der Forst- und Holzwirt, H. 2. — 9. Kramer, H., 1966: „Zur Kulturbegründung und Jungbestandspflege bei der Fichte". Aus dem Walde, H. 12, S. 69. — 10. Kramer, H., 1960: „Kulturverbandsversuche". Der Forst- und Holzwirt, H. 23 u. 24. — 11. Kramer, H., 1969: „Zur Frage des Pflanzverbandes in Fichtenkulturen der Tschechoslowakei". Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 10. — 12. Melzer, W., 1963: „Quadrat- oder Rechteckverband für Fichte", Sozialistische Forstwirtschaft, S. 140 ff. — 13. Merkel, O., 1967: „Der Einfluß des Baumabstandes auf die Aststärke der Fichte". Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, S. 113. — 14. Mracec, Z., 1968: „Vhodný spon a hektarový počet v kulturach smrku". In: Spon v lesníck kulturách. Dum techniky ČSCTS, česke Budejovice. — 15. Nylinder, P., 1958/59: „Synspunkter på produktionens Kvalitet". Skogen. — 16. Oelkers, J., 1937: „Waldbau IV", Hannover. — 17. Taffe, W., 1955: „Gütebewertung des Fichtenholzes verschiedener Standorte und Ertragsklassen in Rheinland-Pfalz". Dissertation, Hann.-Münden. — 18. Wagenknecht, E., 1970: „Rationelle Pflanzverbände für die Fichte". Die Sozialistische Forstwirtschaft.

# Untersuchungen der Jugendentwicklung und der Zusammenhänge zwischen Schäden und Wuchsleistung europäischer Lärche verschiedener Provenienz

(Aus der Abteilung Ertragskunde der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen)

**Herrn Professor Dr. SCHOBER zum 65. Geburtstag gewidmet**

(Mit 7 Abbildungen und 9 bzw. 15 Tabellen.)

von G. SEIBT, D. BERGEL und U. WINKLER

## Einleitung

„Die künftige Ertragsforschung wird bei der Begründung kausaler Zusammenhänge in immer größerem Umfange die örtlichen biologischen und ökologischen Gegebenheiten und Wechselbeziehungen erkunden müssen, um zu einwandfreien Deutungen der Beobachtungsergebnisse zu kommen" (SCHOBER, 1960). Dieser Forderung des Verfassers verdankt die vorliegende Arbeit ihre Entstehung. Die Untersuchungen sollten zunächst nur den Einfluß des Lärchentriebmotten- und Krebsbefalls auf die Wuchsleistung klären, wurden dann aber während der ersten Aufnahme im Herbst 1963 auf weitere Schäden ausgedehnt. Schon damals erfolgte eine Beratung durch die Abteilung Waldschutz der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, bei der die Aufnahmeergebnisse während eines Kolloquiums im Winter 1963 diskutiert wurden. Die Verfasser sind dafür Herrn Professor Dr. SCHWERDTFEGER und seinen Mitarbeitern, insbesondere Herrn Dr. RACK, zu großem Dank verbunden. Zu danken ist ferner: Herrn Professor Dr. STERN für einige Hinweise bei der mathematisch-statistischen Bearbeitung, den Leitern der Forstämter Grünenplan und Kupferhütte für die Unterstützung der Außenarbeiten sowie allen Mitarbeitern der Abteilung Ertragskunde der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt für ihre Mitwirkung an der Vorbereitung dieser Veröffentlichung.

## 1. Grundlagen der Untersuchungen

Für die Untersuchungen wurden zwei in den Wuchsgebieten Ost-Weserbergland und südwestliche Randzone des Oberharzes gelegene Versuche einer Versuchsreihe herangezogen, die 5 Parallelversuche gleicher Provenienzen europäischer Lärchen aus Polen und der Tschechoslowakei umfaßt.

### 1.1. *Versuchsflächen*

Die Versuche liegen im Forstamt Grünenplan auf der Ostseite des Hils in etwa 300 m Seehöhe auf einem 10° nach Süden geneigten Oberhang und in Kupferhütte in 400 m Höhe auf einem 16° nach Südwesten geneigten Mittelhang. Die Versuchsparzellen, die in Grünenplan 0,21 ha und in Kupferhütte 0,25 ha groß sind, liegen jeweils in gleicher Höhe nebeneinander, wie Abbildung 1 zeigt.

Aus Abbildung 1 ist zu ersehen, daß in Kupferhütte die an den offenen Südrand angrenzende Versuchsfläche durch einen Schutzstreifen gesichert wurde. Der Boden besteht in Grünenplan aus nährstoffarmem, ziemlich trockenem sandig-anlehmigem, mäßig podsoliertem Verwitterungsboden des Hilssandsteins, in Kupferhütte aus lehmigem Verwitterungsboden von Grauwacke und Tonschiefer, der frisch ist und nur Anfänge einer Podsolierung zeigt. Beides sind ehemalige Laubholzstandorte, die jeweils von einer Generation Fichte bestockt waren, die in Grünenplan III. Ertragsklasse, in Kupferhütte II. Bonität hatte.

Das Klima entspricht in Grünenplan mit 14,4° C mittlerer Temperatur in der Vegetationszeit und 824 mm Jahresniederschlag etwa dem Mittel der von SCHOBER (1949) für Lärche geforderten Klimaverhältnisse. In Kupferhütte liegen dagegen die Temperaturen mit 13,3° C in der Vegetationszeit unterhalb und die Jahresniederschläge von über 1000 mm oberhalb der klimatischen Grenzwerte.

Hinsichtlich des Kleinklimas bewirkten in Grünenplan die im Süden und Westen an den Lärchenbestand bis 1964 bzw. 1968 angrenzenden Fichtenalthölzer eine erhöhte Luftruhe, Luftfeuchtigkeit und Stauung der abfließenden Kaltluft. In Kupferhütte wurde durch den talwärts offenen Waldrand das Eindringen feuchtkühler Luft (Nebel) von den angrenzenden Wiesen und das Entstehen von Temperaturextremen gefördert. Das im Westen angrenzende Fichtenaltholz, das den Wind aus der Hauptwindrichtung abbremste und dadurch die Luftfeuchtigkeit auf der Versuchsfläche erhöhte, wurde im Jahre 1969 geräumt.

### 1.2. *Saatgut*

Das *Saatgut* wurde über polnische bzw. tschechische Exportstellen durch den Samenhandel bezogen und für eine Provenienz direkt von staatlichen Forstdienststellen der ČSSR geliefert. Nähere Angaben enthält die Tabelle 1.

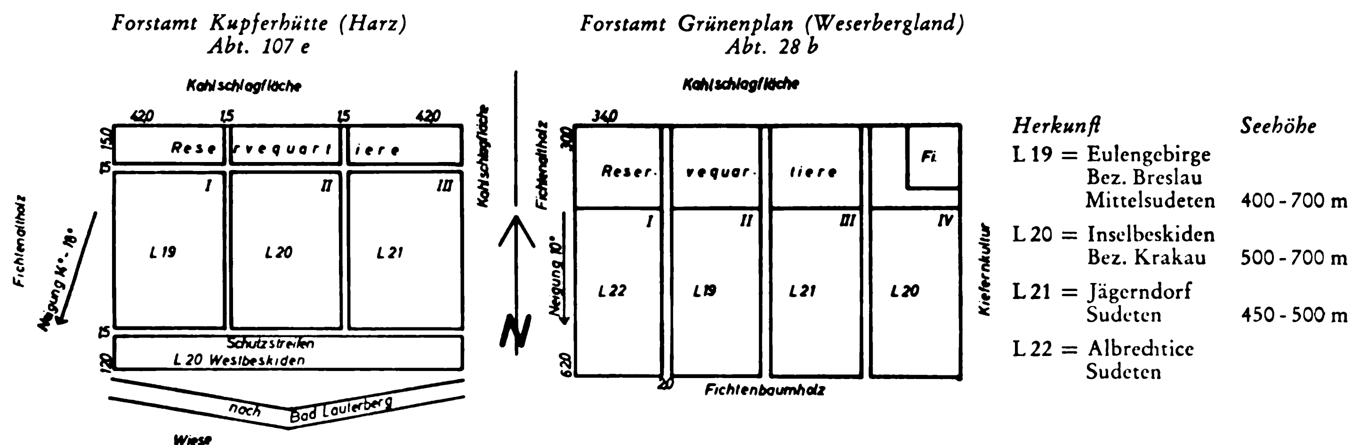



Abbildung 1
Lageplan der Lärchenprovenienzversuche in den Forstämtern Grünenplan und Kupferhütte

**Tabelle 1**
**Angaben über Saatgut und Provenienzen**

| Provenienznummer der Versuchsanstalt | L 19 | L 20 | L 21 | L 22 |
|---|---|---|---|---|
| Wuchsgebiet: | Eulengebirge | Inselbeskiden | Sudeten | ? |
| Seehöhe: | 400 - 700 m | 500 - 700 m | 450 - 500 m | ? |
| Geographische Bezeichnung: | Bezirk Breslau | Bezirk Krakau | Jägerndorf (Albrechtice-Hynčice) | Albrechtice |
| Geographische Rasse: | Mittelsudeten | Karpaten | Sudeten | Sudeten? |
| Boden: | Kalkstein | Karpat. Sandstein | Kulmsandstein | ? |
| Erntejahr: | 1954/55 | 1954/55 | 1954/55 | ? |
| *Saatgut:* bezogen von: | Appel/Darmstadt | Appel/Darmstadt | Appel/Darmstadt | Amt für Waldwirtschaft Zbraslav/Strnady/ČSSR |
| durch: | Rolimpex, Warschau | Rolimpex, Warschau | Kospol, Prag | Tschechische Staatsforsten, Sämereien- und Baumschulbetrieb Böhm, Budweis |
| im: | April 1955 | April 1955 | April 1955 | Frühjahr 1955 |
| Reinheitsprozent: | 90 % | 90 % | 72 % | 65 % |
| Keimprozent: | 40 % | 40 % | 39 % | 27 % |

Das Handelssaatgut enthielt genaue Herkunftsangaben über die geographische Länge und Breite sowie über Jahrestemperatur und Niederschlagswerte des Erntegebiets, ferner Durchschnittsangaben für die Boden- und Klimaverhältnisse. Dagegen konnten die Lieferanten nichts Genaueres über die Mutterbestände bzw. Forstorte mitteilen. Die Herkunftsangaben wurden von Professor Dr. Schober für die Versuchsunterlagen ergänzt und sind diesen entnommen worden.

### 1.3. *Anzucht*

Die *Aussaat* des Lärchensamens erfolgte im Frühjahr 1955 in forstamtseigenen Pflanzgärten, für den Versuch Kupferhütte im klimatisch günstigeren Großkamp des Forstamts Grund/Harz. Die Pflanzkämpe in Grünenplan und Grund waren in 240 m und 260 m Seehöhe, der Kamp im Forstamt Kattenbühl in etwa 290 m Höhe gelegen. Die Angaben über die Anzucht sind aus der Tabelle 2 zu ersehen.

In allen 3 Forstämtern wurde in Nadelstreubeete gesät. In Grünenplan wurden durchschnittlich mehr Sämlingspflanzen je kg Samen erzielt als in Grund, während dort die Ausbeute an Verschulpflanzen größer war. Das erklärt sich durch die besseren Bedingungen (eigenen Gärtner). Die beim Lehrforstamt Kattenbühl angezogenen Pflanzen unterschieden sich im Anzuchtergebnis quantitativ und qualitativ stark von den Lärchen der anderen Forstämter: Die Wurzeln zeigten Verdickungen, Knoten oder scharfe Übergänge von dicken zu dünnen Hauptwurzeln, was auf Verletzungen beim Verschulen zurückzuführen war. Am schlechtesten lief der Samen in Grünenplan bei der Provenienz L 21, in Bad Grund bei der Herkunft L 19 auf. Wohl deshalb wurden von beiden Provenienzen über 50 % Sämlinge (von den anderen z. T. weniger als 30 %) verschult, so daß auch die Verschulpflanzen dieser Provenienzen teilweise klein und krumm waren. Da 5000 Pflanzen für 1 kg Lärchensamen als normale Pflanzenausbeute angesehen werden, ist diese als sehr gut bis normal zu bezeichnen.

An *Krankheiten* wurde die Lärchenschütte (Meria larici) an allen Provenienzen beobachtet: in Grünenplan (auch im Saatbeet) und in Grund nur im Verschulbeet außer bei der Beskiden-Herkunft (L 20).

Die *Pflanzengröße* war an beiden Pflanzenanzuchtstätten für die Herkunft aus dem Eulengebirge (L 19) höher als für die Beskiden-Herkunft (L 20). Die Verschulpflanzen der Herkunft Jägerndorf (L 21) waren dagegen in Grünenplan am kleinsten, dazu teilweise krumm, in Grund dagegen am höchsten. Die in Kattenbühl angezogenen Lärchen der Provenienz L 22 waren zwar absolut am höchsten, doch ist dabei die außerordentlich geringe Ausbeute an Sämlingen zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der *Eignung für die Kultur* war entscheidend, daß die Beskidenlärche (L 20) von allen in Grünenplan angezogenen Herkünften am frühesten verholzte, aber die meisten Beschädigungen des Wipfeltriebes aufwies. Daß die Pflanzen der Provenienz L 22 in Kattenbühl auch durch ungenügende Verholzung im Nachteil waren, kann an der größeren Höhenlage des Kamps gelegen haben.

### 1.4. *Kultur*

Die Pflanzung der 1/2jährigen Lärchen im 2 x 2 m-Verband erfolgte in beiden Versuchen zu gleicher Zeit am 18. bzw. 19. November 1957, in Grünenplan als Lochpflanzung, in Kupferhütte als vereinfachte Lochhügelpflanzung.

In Grünenplan wurden während des zweiten Kulturjahres Rüsselkäferschäden und während des dritten Jahres Fegeschäden durch Rehböcke festgestellt. Die Schäden nahmen von der Herkunft L 22, deren Parzelle von zwei Seiten durch Fichtenbestände begrenzt wurde, zur Kahlfläche hin ab. Das Fegen verursachte meist Pflanzenausfälle.

Da die Rüsselkäfer nur den oberen Teil der Pflanzen befraßen, entstanden überwiegend Zuwachsverluste wie die folgende Gegenüberstellung der Erhebung auf je 3 Pflanzreihen im Versuch Grünenplan zeigt:

| Herkunft: Bezeichnung: | L 19 Eulengebirge | L 20 Inselbeskiden | L 21 Sudeten Jägerndorf | L 22 Sudeten Albrechtice |
|---|---|---|---|---|
| Zahl gemessener Pflanzen | 86 | 87 | 85 | 54 |
| durchschnittliche Größe 1957/cm | 88,7 | 79,4 | 78,4 | 114,4 |
| durchschnittlicher Zuwachs 1958/cm | 7,0 | 8,9 | 7,9 | 3,6 |
| Zahl der Pflanzen ohne Zuwachs n | 33 | 14 | 20 | 27 |
| Spitzentrieb beschädigt n | 3 | 2 | 3 | — |
| Pflanzenausfall n | 4 | 3 | 3 | 38 |

Tabelle 2

**Beobachtungen während der Anzucht der Pflanzen, Pflanzenausbeute, Qualität und Schäden in Pflanzgärten der staatlichen Forstämter Grünenplan, Grund und Kattenbühl**

| Provenienz-Nr.: | L 19 | L 20 | L 21 | L 22 |
|---|---|---|---|---|
| Bezeichnung: | Eulengebirge | Inselbeskiden | Sudeten | Sudeten? |
| Seehöhe: | 400 - 700 m | 500 - 700 m | 450 - 500 m | ? |
| *Anzucht im Forstamt* | | | | |
| 1j. Sämlinge/kg: | | | | |
| Grünenplan | 21.500 | 31.000 | 17.000 | |
| Grund | 12.500 | 23.000 | 20.000 | |
| Kattenbühl | | | | 7.600 |
| 1/2j. Pflanzen je kg: | | | | |
| Grünenplan | 4.500 | 8.800 | 10.000 | |
| Grund | 6.500 | 11.000 | 8.300 | |
| Kattenbühl | | | | 5.000 |
| *Pflanzenausbeute in % der Sämlingszahl:* | | | | |
| Grünenplan | 21 % | 28 % | 59 % | |
| Grund | 52 % | 48 % | 42 % | |
| Kattenbühl | | | | 66 % |
| *Größe (cm):* | | | | |
| Grünenplan | 30 - 160 / 70 | 40 - 170 / 60 | 40 - 120 / 60 | |
| Grund | 40 - 130 / 75 | 30 - 130 / 60 | 45 - 130 / 80 | |
| Kattenbühl | | | | 50 - 180 / 100 |
| *Pflanzengüte:* | | | | |
| Grünenplan | kräftig, z. T. gekrümmt | stufig, kräftig | klein, z. T. bogig | |
| Grund | 100 % gesunder Wipfeltrieb | 90 % gesunder Wipfeltrieb | 100 % gesunder Wipfeltrieb | |
| Kattenbühl | | | | gerade, stufig, schlecht bewurzelt |
| *Verholzungszustand beim Versand:* | | | | |
| Grünenplan | nur vereinzelt nicht verholzt | am frühesten von allen Herkünften verholzt | überwiegend verholzt | |
| Kattenbühl | | | | etwa zwei Drittel verholzt |

Der geringe oder fehlende Zuwachs ist mit Wahrscheinlichkeit auf Rüsselkäferfraß zurückzuführen. Dafür spricht auch, daß auf der erst im Kulturjahr kahlgeschlagenen Fläche mit den Herkünften L 19 und L 22 der Zuwachs geringer und die Zahl der Pflanzen ohne Zuwachs erheblich höher war als auf der schon ein Jahr vorher vom Altholz geräumten Fläche mit den Herkünften L 20 und L 21. Ihre geringere Pflanzengröße dürfte bei dem höheren Zuwachs allerdings auch eine Rolle gespielt haben.

Die meisten Pflanzenausfälle entstanden durch Hallimasch, wurden aber nur in Grünenplan durch Nachbesserungspflanzen im 2. und 4. Kulturjahr ersetzt.

In beiden Versuchen wurden seit dem fünften Kulturjahr rötliche Verfärbungen und Absterben von Seiten- bzw. Wipfeltrieben durch Grauschimmel und Lärchentriebmotte beobachtet.

Die Konkurrenz der Lärchen mit Weichhölzern erforderte den Aushieb der nicht zum Versuch gehörenden Baumarten. In Kupferhütte machten Druckschäden durch Eberesche eine Läuterung schon im 5. Kulturjahr erforderlich, während in Grünenplan meist Birken erst im 13. Jahr nach der Kultur herausgehauen wurden.

## 2. Probleme und Methodik

Die Ausfälle und Nachbesserungen wurden in einem Reihenschema mit der Jahresangabe verzeichnet. Durch die Aufnahme der gleichen Pflanzreihen im Bestandsalter von 8 und 9 Jahren (Frühjahr und Herbst 1963) sowie im Alter von 16 Jahren (Herbst 1970) wurde versucht, die oben erwähnten Einflüsse des Standorts und Vorbestands aufzudecken und die ursächlichen Zusammenhänge mit den beobachteten Schäden und der gemessenen Wuchsleistung zu ergründen. In Grünenplan wurden von 527 Pflanzen je Parzelle 124 Stück = 23,5 % und in Kupferhütte von 630 Pflanzen 150 Stück = 23,8 % gemessen und angesprochen. Von der Aufnahme im Alter 8 wurden nur die Ergebnisse der Höhenmessung ausgewertet, nicht dagegen diejenigen der Ansprache von Beastung und Schaftform. Letztere wurde ein Jahr später an den gleichen Stämmen mit etwas anderen Merkmalen bei der Erhebung der Schäden durch Hallimasch, Lärchenkrebs, Grauschimmelfäule, Lärchentriebmotte und Wipfeltriebschaden angesprochen. Bei der Kluppung der Brusthöhendurchmesser im Alter 16 an denselben Stämmen, an denen 8 Jahre zuvor nur die Höhen gemessen worden waren, wurde wiederum die Schaftform und der Hallimaschbefall, von sonstigen Schäden aber nur der Stammkrebsbefall erhoben.

Die Höhen wurden mit einer auf volle Dezimeter selbstabrundenden Meßlatte, die Brusthöhendurchmesser mit der Kluppe einfach auf volle Millimeter gemessen. Gleichzeitig wurde jede Pflanze von 2 Seiten daraufhin angesprochen, ob und welche Schäden an welchen Pflanzenteilen erkennbar waren. Meist wurden mehr Beobachtungen festgehalten als später ausgewertet wurden, weil das Material für die statistische Bearbeitung zu stark aufgespalten wurde. So wurde bei Stammkrümmungen ursprünglich noch Säbelwuchs sowie ein- oder mehrfache Krümmung in verschiedenen Stammteilen getrennt. Einzelheiten der Untersuchungs- und Auswertungsmethoden sind ebenso wie die Ergebnisse und ihre Diskussion aus Gründen der besseren Übersicht bei den jeweiligen Abschnitten zu finden.

Zweck der Erhebungen war, es zu untersuchen,

1. wieweit Unterschiede in der Anzucht und Kultur sowie beobachtete Schäden die quantitative Ertragsleistung und Ertragsqualität beeinflussen.
2. ob diese Einflüsse nach Provenienzen oder Standortsverhältnissen verschieden sind.

## 3. Ergebnisse der Messungen und Beobachtungen

### 3.1. *Pflanzenausfälle und Bestockung*

Die Erhebungen über den Ausfall an Pflanzen und die Bestockung der Parzellen sind insofern nur bedingt vergleichbar, als lediglich der Versuch in Grünenplan nachgebessert wurde. Eine zahlenmäßige Bewertung des Pflanzenausfalls ist deshalb nur ohne Berücksichtigung der Nachbesserungspflanzen nach den Ergebnissen der ersten Aufnahme in der 8jährigen Kultur möglich. Bei der Bestockung wurden dagegen die nachgebesserten Pflanzen berücksichtigt, wie Tabelle 3 zeigt.

Die *Ausfälle* lagen in *Grünenplan* für die Provenienzen L 19, L 20 und L 21 mit durchschnittlich 17 % bis zum Alter von 8 Jahren in normalem Rahmen. Demgegenüber betrugen die Pflanzenausfälle bei der Provenienz L 22 fast das Vierfache, so daß mit den verfügbaren Nachbesserungspflanzen nur auf den größten Lücken nachgebessert werden konnte. Auch die späteren Ausfälle

**Tabelle 3**
**Pflanzenausfall, -nachbesserung und Bestockung auf den Meßreihen und je ha**
**Vergleich mit der Ertragstafel**

| Pflanzen- | Alter | | L 19 Eulengebirge | L 20 Inselbeskiden | L 21 Jägerndorf | L 22 Albrechtice |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Grünenplan* | | | |
| Abgänge | bis 5 | n | 13 | 8 | 11 | 70 |
| | | % | 10,5 | 6,5 | 8,9 | 56,5 |
| Nachbesserung | bis 5 | n | 13 | 8 | 11 | 26 |
| | | % | 10,5 | 6,5 | 8,9 | 21,0 |
| tot und fehlend | bis 8 | n | 7 | 10 | 13 | 51 |
| | | % | 5,6 | 8,1 | 10,5 | 41,1 |
| Ausfall insgesamt | bis 8 | n | 20 | 18 | 24 | 77 |
| | | % | 16,1 | 14,5 | 19,4 | 62,1 |
| Ausfall insgesamt | bis 9 | n | 20 | 22 | 29 | 102 |
| | | % | 16,1 | 17,7 | 23,4 | 82,3 |
| Ausfall insgesamt | bis 16 | n | 27 | 26 | 32 | 106 |
| | | % | 21,8 | 21,0 | 25,8 | 85,5 |
| Ausfall abzüglich Nachbesserung | bis 16 | n | 14 | 18 | 21 | 80 |
| Soll der Meßreihen | | n | 124 | 124 | 124 | 124 |
| Ist auf 0,0495 ha | | n | 110 | 106 | 103 | 44 |
| Ist auf 1 ha (Umrechnungsfaktor 2,0202) | | n | 2222 | 2141 | 2081 | 888 |
| | | | *Kupferhütte* | | | |
| tote und fehlende | bis 8 | n | 41 | 30 | 24 | |
| | | % | 27,3 | 20,0 | 16,0 | |
| Ausfall insgesamt | bis 9 | n | 58 | 36 | 28 | |
| | | % | 38,6 | 24,0 | 18,7 | |
| Ausfall insgesamt | bis 16 | n | 63 | 57 | 45 | |
| | | % | 42,0 | 38,0 | 30,0 | |
| Soll auf 5 Meßreihen | | n | 150 | 150 | 150 | |
| Ist auf 0,0600 ha | | n | 87 | 93 | 105 | |
| Ist auf 1 ha (Umrechnungsfaktor 1,6673) | | n | 1450 | 1550 | 1750 | |
| | | | *Ertragstafel* (SCHOBER), *mäßige Durchforstung — I. Ertragsklasse* | | | |
| | | | 2137 | 2137 | 2137 | |

waren größer als die der übrigen Herkünfte, die nur wenig voneinander abwichen. Die Abweichungen lassen zunächst eine Zunahme des Ausfallsprozents von Osten nach Westen erkennen. Ab Alter 8 hatte jedoch die inmitten des Versuchs liegende Herkunft Jägerndorf (L 21) stets mehr Abgänge als die benachbarten Provenienzen Eulengebirge (L 19) und Inselbeskiden (L 20).

In *Kupferhütte* war der Ausfall mit 21 % etwas größer als im Parallelversuch Grünenplan, was jedoch immer noch als normal anzusehen ist. Auch hier nahmen die Pflanzenausfälle von der am weitesten östlich gelegenen Parzelle mit der Herkunft Jägerndorf (L 21) bis zur westlichsten mit der Provenienz Eulengebirge (L 19) zu, und zwar bis zum Schluß der Beobachtung, obwohl die Provenienzen anders als in Grünenplan angeordnet waren. Deshalb hatte in Kupferhütte umgekehrt wie in Grünenplan die Jägerndorfer Sudetenlärche (L 21) die wenigsten und die Herkunft Eulengebirge (L 21) die meisten Ausfälle.

Auffallend ist, daß sich die Ausfallsprozente vom Alter 8 bis 16 in Kupferhütte fast verdoppelten, in Grünenplan jedoch nur um etwa die Hälfte zunahmen.

Als Ursache der Ausfälle ist hauptsächlich der Hallimasch anzusehen, der in Abschnitt 4.1. näher behandelt wird. Die Pflanzenabgänge durch Vertrocknung und in Grünenplan durch Rüsselkäfer und Rehwild waren gering. Die *Bestockung* lag deshalb im Versuch Kupferhütte durchschnittlich etwa 25 % unter dem Wert der Ertragstafel. Dagegen entsprach die durchschnittliche Stammzahl in Grünenplan etwa dem Tafelwert, außer der Herkunft L 22, die nur zu etwa 42 % bestockt war. Da diese Herkunft offenbar schon bei der Anzucht, noch mehr aber bei der Kultur unter ungünstigen Bedingungen aufwuchs, ist sie mit den anderen Provenienzen des Versuchs Grünenplan nicht vergleichbar und scheidet deshalb bei den weiteren Auswertungen aus.

### 3.2. *Höhe und Durchmesser*

Da sich die Ausfälle der 3 Provenienzen in normalen Grenzen hielten, kann aus der im Alter 8 erreichten Baumhöhe und der in den 16 Jahre alten Beständen gemessenen Stammstärke auf die Wuchsleistung geschlossen werden. Das gilt insbesondere für die Abschätzung der Leistung zwischen den beiden 8 Jahre auseinanderliegenden Aufnahmen, da zwischen Höhe und Durchmesser eine enge Korrelation besteht. Einen Überblick über die Mittelwerte der einzelnen Parzellen gibt die Tabelle 4.

Die Tabelle 4 zeigt, daß die Sudetenlärche aus dem Eulengebirge (L 19) insbesondere im Versuch *Grünenplan* vor der Höhen- und Durchmesserleistung der Jägerndorfer Sudetenlärche (L 21) lag, während die Lärche aus den Inselbeskiden (L 20) in allen Fällen die geringste Leistung aufwies. Im Versuch *Kupferhütte* war der Höhenunterschied zwischen den beiden Sudetenlärchen einerseits und der Beskidenlärche andererseits geringer, der Durchmesserunterschied aber größer als in Grünenplan.

Tabelle 4
**Mittelhöhen und Mitteldurchmesser**

| Versuche | | Arithmetische Mittelhöhe (m) der Provenienzen L 19 Eulengebirge | L 20 Beskiden | L 21 Jägerndorf | | Arithmetische Mitteldurchmesser (cm) der Provenienzen L 19 Eulengebirge | L 20 Beskiden | L 21 Jägerndorf |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grünenplan | m | 3,4 | 2,5 | 2,7 | cm | 10,1 | 8,7 | 9,1 |
| | % | 125,9 | 92,5 | 100 | % | 111,0 | 95,6 | 100 |
| Kupferhütte | m | 3,2 | 3,0 | 3,1 | cm | 11,6 | 10,7 | 11,8 |
| | % | 103,2 | 96,8 | 100 | % | 98,3 | 90,7 | 100 |

Für die mathematisch-statistische Prüfung der Mittelwerte von Höhen- und Durchmesserleistung wurden getrennte Varianzanalysen berechnet. In diese gingen zur Untersuchung der Fehlervarianzen innerhalb der Parzellen die Mittelwerte der Meßreihen ein. Es handelt sich somit um den Typ einer zweifachen Klassifikation mit ungleicher Besetzung (Reihenzahl) in den Parzellen — nichtorthogonaler Fall. Normalverteilung kann hierbei vorausgesetzt werden. Die Fehlerhomogenität, also die Forderung, daß die Varianzen innerhalb der Parzellen nicht signifikant voneinander abweichen, wurde mit dem Bartlett-Test geprüft. Es ergaben sich Abweichungen, die im Zufallsbereich liegen.

Die SQ-Werte sind bei ungleicher Besetzung der Untergruppen (hier: Parzellen) normalerweise nicht korrekt. Die MQ-Werte wären demnach nicht zum Test von Hypothesen geeignet. Die übliche Testmethode ist jedoch erlaubt, wenn die Anzahl der Wiederholungen (Reihen) in den Untergruppen (Parzellen) der Kreuzklassifikation proportional sind (Snedecor und Cochran, 1968). Für die Varianztabellen der Mittelhöhen und Mitteldurchmesser wurden noch zusätzliche Berechnungen mit der „nicht gewogenen Analyse" der Parzellenmittel, die Snedecor für Varianzanalysen mit geringen Abweichungen vorschlägt, durchgeführt. Sowohl für die Höhenuntersuchungen als auch für die Durchmesseruntersuchungen ergaben sich recht gute Übereinstimmungen mit den Originalwerten, so daß diese beibehalten werden konnten.

**Varianztabelle der Mittelhöhen**

| Variationsursache | SQ | FG | MQ | F |
|---|---|---|---|---|
| Provenienzen | 1,223 | 2 | 0,612 | 1,89 n. s. |
| Versuche | 0,517 | 1 | 0,517 | 1,60 n. s. |
| Interaktion | 0,648 | 2 | 0,324 | 6,75 ** |
| Fehler | 1,002 | 21 | 0,048 | |

Dem Test wurde das Modell II zugrundegelegt, da Provenienzen und Anbauorte zufällig ausgesucht wurden. Es zeigt sich bei den Höhenberechnungen im Alter 8 eine hochsignifikante Interaktion. Die Haupteffekte (Provenienzen und Versuchsorte) variieren demnach nicht unabhängig voneinander. Außerdem sind in der Interaktion möglicherweise vorhandene Bodenunterschiede zwischen den Parzellen enthalten, die auf beiden Versuchsflächen verschieden sein können. Die Nullhypothese kann für die Effekte der Provenienzen und Versuchsorte angenommen werden; die Unterschiede zwischen den Mitteln sind in beiden Fällen nicht signifikant.

In Abbildung 2 sind die prozentualen Abweichungen der Mittelhöhen und Mitteldurchmesser in den einzelnen Parzellen, bezogen auf das jeweilige Gesamtmittel, dargestellt. Die Wechselwirkungen zwischen den Faktoren (Provenienz/Versuch) sind bei den Höhen zu erkennen. Die Unterschiede zwischen den Provenienzmitteln und zwischen den Versuchsmitteln können deshalb beim F-Test keine signifikanten Größen erreichen, da sie im zufälligen Modell gegen die hochsignifikante Interaktion getestet werden.

**Varianztabelle der Mitteldurchmesser**

| Variationsursache | SQ | FG | MQ | F |
|---|---|---|---|---|
| Provenienzen | 5,22 | 2 | 2,61 | 6,07 ** |
| Versuche | 28,43 | 1 | 28,43 | 66,12 *** |
| Interaktion | 1,58 | 2 | 0,79 | 2,03 n. s. |
| Fehler | 8,20 | 21 | 0,39 | |

Die Interaktion ist bei den Durchmesserberechnungen nicht gesichert. Die Haupteffekte konnten deshalb gegen die gepoolte Varianz aus Interaktion und Fehler (0,43) getestet werden. Es ergaben sich hochsignifikante Unterschiede zwischen den Versuchen und den Provenienzen.

Der Test über die Mittelwertsvergleiche (Duncan-Test mit Näherungsformel (Weber, 1967)) ergab signifikante Differenzen zwischen den Mittelwerten der Provenienz L 20 einerseits und den Provenienzen L 19 und L 21 andererseits. Die Differenzen zwischen den Provenienzen L 19 und L 21 sind zufällig.

In Abbildung 2 ist der hohe Unterschied zwischen den beiden Versuchsmitteln von ± 10 % des Gesamtmittels im Alter 16 (± 4 % im Alter 8 — Höhen) bei den Durchmessern deutlich erkennbar. Auch die Abweichungen der Wuchsleistungen zwischen den Provenienzen sind bei einer nur sehr geringen Wechselwirkung in beiden Versuchen sehr ähnlich.

In einer Vergleichsberechnung wurden die beiden Varianzanalysen durch Transformation auf ein gleichgroßes Gesamtmittel bezogen. Hierbei ergab sich, daß die Streuungen der Reihenmittel um das Gesamtmittel bei beiden Varianzanalysen nur geringe Unterschiede zeigen. Die Gesamtstreuung liegt bei den mittleren Durchmessern um ca. 8 % über dem Vergleichswert aus der Höhenberechnung. Die Streuungen zwischen den Provenienzen und innerhalb der Parzellen (Fehler) sowie die Interaktion sind bei den Durchmesseruntersuchungen geringer; die Varianz zwischen den Versuchsorten ist erheblich höher.

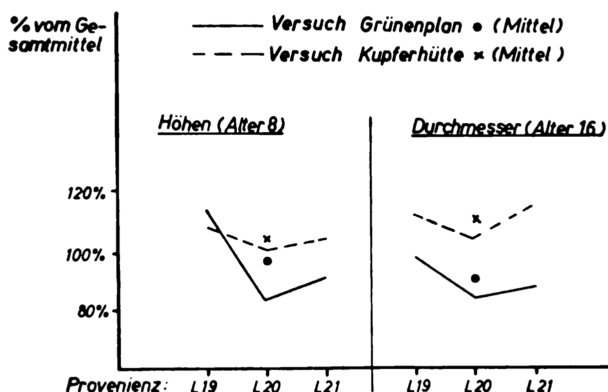



Abbildung 2
Prozentuale Abweichungen der Mittelhöhen und Mitteldurchmesser vom Gesamtmittel für die verschiedenen Provenienzen.

## 4. Ergebnisse der Schadenserhebungen

Die Schäden an den Lärchen wurden wie folgt okular eingeschätzt:

(1) *Hallimasch* (ARMILLARIA MELLEA) an unwüchsigen, kümmernden oder abgestorbenen Lärchen nach dem aus der Rinde ausgetretenem Harz, dem am Wurzelanlauf anhaftenden Harzklumpen und dem nach Entfernung der Rinde sichtbarem weißen Myzel oder Hyphengeflecht.

(2) *Lärchenkrebs* (DASYSCYPHA WILLKOMMII) nach den harzigen Rindenanschwellungen, die in der Mitte eingesunken sind und wulstige Ränder haben.

(3) *Grauschimmel* (BOTRYTIS CINEREA) nach den rötlich gefärbten, oft gedrehten, vertrockneten letztjährigen Trieben.

(4) *Lärchentriebmotte* (ARGYRESTHIA LAEVIGATELLA) nach dem trockenem letztjährigem Trieb (meist Seitenzweige) mit dem charakteristischem Flugloch, an dem später die Triebspitze abknickt.

(5) *Verlust, Beschädigung oder Verkümmerung des Wipfeltriebes* durch die unter 2 - 4 aufgezählten und weitere Ursachen. Hierbei erfolgte die Ansprache nach den Resten des ursprünglichen Spitzentriebs oder nach dem gebildeten Ersatztrieb.

Im Alter 9 wurden alle genannten Beschädigungen ansprochen, in den 16jährigen Beständen nur Hallimasch und Stammkrebs. Um zu untersuchen, ob die Schäden durch die Provenienz genetisch bedingt oder auf Einflüsse des Standorts, Vor- oder Nachbarbestands zurückzuführen sind, wurden die im Alter 9 angesprochenen Schäden räumlich verteilt in Abbildung 3 dargestellt.

In Abbildung 3 ist die Verteilung der Schäden nur auf den Meßreihen dargestellt, so daß im Versuch Kupferhütte, wo eine Reihe mehr als in Grünenplan gemessen wurde, die Schadensdichte etwas größer erscheint. Die deshalb erforderlichen Prozentwerte werden in Tabelle 5 weiter unten angegeben.

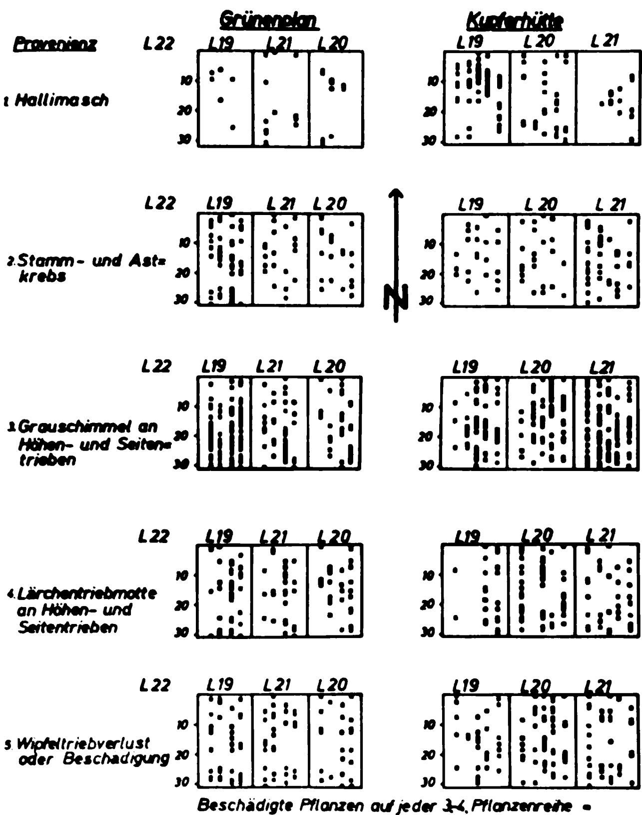



Abbildung 3
Verteilung der Schäden auf den Meßreihen nach der Aufnahme der 9jährigen Lärchen

### 4.1. *Hallimasch*

Das durch Infektion verursachte plätzeweise Auftreten dieses Pilzes ist besonders gut aus dem Verteilungsplan (Abb. 3) des stärker befallenen Versuchs in Kupferhütte zu erkennen. Wenn auch beide Provenienzversuche auf früherem Laubholzstandort liegen, so ist der stärkere Befall in Kupferhütte auf den nährstoffreicheren, frischeren und luftfeuchteren Standort und auf die wüchsige Laubholzbeimischung zurückzuführen. Von derartigen Mischungen befällt der Hallimaschpilz mit „hoher Aggressivität das benachbarte Nadelholz" (SCHWERDTFEGER, 1970).

Die Unterschiede der verschiedenen Provenienzen im Hallimaschbefall werden an Hand der Tabelle 5 erläutert.

Da die im Versuch Kupferhütte am stärksten mit Laubholz durchstellte Parzelle der Herkunft Jägerndorf (L 21) im Alter 9 am wenigsten befallen war, könnte daraus eine geringere Anfälligkeit dieser Provenienz gegen Hallimaschbefall gefolgert werden, wenn nicht diese Sudetenlärche in Grünenplan am stärksten befallen gewesen wäre. Das gleiche gilt für die andere Sudetenprovenienz aus dem Eulengebirge (L 19) mit dem höchsten Befall im Alter 9 in Kupferhütte und dem niedrigsten in Grünenplan.

Tabelle 5
**Zahl der von Hallimasch befallenen Pflanzen und gesamter Pflanzenausfall auf den Meßreihen**
**Verhältnis zur vorhandenen Pflanzenzahl**

| | | L 19 Eulengebirge | L 20 Inselbeskiden | L 21 Jägerndorf |
|---|---|---|---|---|
| *Alter 9:* | | | *Grünenplan* | |
| Vorhandene einschl. toter Pflanzen | n | 123 | 120 | 123 |
| Von Hallimasch befallen | n | 6 | 9 | 14 |
| | % | 4,9 | 7,5 | 11,4 |
| Gesamter Pflanzenausfall ohne Nachbesserung | % | 5,6 | 11,3 | 14,5 |
| *Alter 16:* | | | | |
| Vorhandene einschl. toter Pflanzen | n | 117 | 109 | 104 |
| Von Hallimasch befallen | n | 3 | 1 | 1 |
| | % | 2,6 | 0,9 | 1,0 |
| Gesamter Pflanzenausfall ohne Nachbesserung | % | 6,0 | 3,6 | 2,8 |
| *Alter 9:* | | | *Kupferhütte* | |
| Vorhandene einschl. toter Pflanzen | n | 128 | 134 | 129 |
| Von Hallimasch befallen | n | 46 | 29 | 14 |
| | % | 35,9 | 21,6 | 10,9 |
| Gesamter Pflanzenausfall ohne Nachbesserung | % | 50,0 | 25,4 | 11,5 |
| *Alter 16:* | | | | |
| Vorhandene einschl. toter Pflanzen | n | 90 | 104 | 114 |
| Von Hallimasch befallen | n | 4 | 10 | 8 |
| | % | 4,4 | 9,6 | 7,0 |
| Gesamter Pflanzenausfall ohne Nachbesserung | % | 5,4 | 18,4 | 13,9 |

Da beim Vergleich mit dem Gesamtausfall an Pflanzen in Tabelle 5 der Hallimasch die Hauptursache für den Pflanzenausfall war, kann nach diesen Beobachtungen angenommen werden, daß der Hallimaschbefall in dieser Versuchsreihe weniger unmittelbar von der Herkunft, sondern von Umständen, die nicht mit der Provenienz verbunden waren, z. B. der Anzucht, abhing. Hierbei hatten die Provenienzen Eulengebirge (L 19) mit in Grund angezogenen Pflanzen und Jägerndorf (L 21) aus Grünenplan die geringste Ausbeute an verschulten 1/2 jährigen Pflanzen (siehe Tabelle 2). Die Folge der geringen Auslese waren teils schwache, teils schlechtformige Pflanzen und vermutlich auch die höhere Anfälligkeit gegen Hallimasch.

Zur statistischen Prüfung wurden die Unterschiede im prozentualen Befall in einer Varianzanalyse untersucht. Da es sich bei den Zahlenwerten um Prozentanteile handelt, liegt eine binominale Verteilung vor. Die Parzellenmittel der Prozentanteile streuen zwischen 1 % und 36 %. Bei dieser Streubreite ist vor der Durchführung der Varianzanalyse durch Transformation der Daten (arc sin $\sqrt{\text{Prozent}}$) Homoskedaszität herzustellen.

**Varianztabelle des Hallimaschbefalls**

| Variationsursache | SQ | FG | MQ | F |
|---|---|---|---|---|
| Provenienzen (P) | 15,55 | 2 | 7,78 | 0,28 n. s. |
| Versuchsorte (O) | 305,02 | 1 | 305,02 | 10,79 * |
| Alter (A) | 366,30 | 1 | 366,30 | 12,96 ** |
| Interaktion (P x O) | 45,76 | 2 | 22,88 | |
| Interaktion (P x A) | 14,51 | 2 | 7,26 | |
| Interaktion (O x A) | 8,85 | 1 | 8,85 | |
| Fehler (P x O x A) | 128,72 | 2 | 64,36 | |

Die Interaktionen sind nicht gesichert. Es konnte daher ein gepoolter MQ-Wert berechnet werden, indem die Summenquadrate der Interaktionen einschließlich des Fehlers zusammengefaßt wurden: MQ = 28,26 (FG 7). Der Test der Haupteffekte gegen den gepoolten Wert ergab signifikante Unterschiede des Hallimaschbefalls zwischen den beiden Versuchsorten und hochsignifikante Unterschiede zwischen den beiden Aufnahmezeitpunkten. Die Unterschiede der Befallsprozente zwischen den Provenienzen sind hingegen nicht gesichert. Da eine Korrelation zwischen den beiden Erhebungen (Alter) nicht auszuschließen ist, sind alle Varianzen mit dem Effekt „Alter" mit einem systematischen Fehler behaftet. Davon sind die Signifikanztests betroffen. Es kam aber vor allem darauf an, die relativen Größenordnungen bei einer gemeinsamen Berechnung für die beiden Aufnahmezeitpunkte zu zeigen. Die *Ergebnisse sind so zu deuten,* daß die hohen Ausfälle durch Hallimasch während der Kultur auf das Trockenjahr 1959 und die Unterschiede im Befall zwischen den Altern 9 und 16 auf das Ausscheiden der meist toten Hallimaschstämme zurückzuführen sind. Die wenigen Lärchen, welche in Kupferhütte die Wurzelpilzinfektion 7 Jahre lang überlebten, konnten das Ergebnis nicht beeinflussen.

Die Befallsunterschiede zwischen den beiden Versuchsorten sind — wie anfangs vermutet — durch die verschiedene Hallimaschdisposition der beiden Standorte bedingt.

Daß der Einfluß der Provenienz auf den Hallimaschbefall nicht gesichert war, erklärt sich vermutlich durch die unterschiedlichen Pflanzenzuchtergebnisse in zwei Baumschulen. Dabei könnte der stärkere Hallimaschbefall auf geringere Sämlingsauslese bei der Verschulung zurückzuführen sein, so daß diese Auslese in der Jugendentwicklung gewissermaßen „nachgeholt" wird.

### 4.2. *Lärchenkrebs*

Der Krebsbefall reichte bis zu etwa 2 m Höhe. Darüber wurden mehrere krebsverdächtige Stämme mit Harzaustritt aus der Rinde beobachtet (Hopp, 1957, und Zycha, 1960). An den Ästen befanden sich die Krebsstellen bis etwa 1 m vom Stamm entfernt. Beide Krebsarten wurden selten am gleichen Baum angetroffen.

Eine Übersicht über die von Stamm- und Astkrebs im Alter 9 und 16 befallenen Lärchen zeigt Tabelle 6.

Aus Tabelle 6 ist zu ersehen, daß der Krebsbefall der 9jährigen Kultur in Grünenplan an den Ästen der Lärchen häufiger als an den Stämmen war, während in Kupferhütte der Stammkrebs überwog. Beide Krebsarten waren innerhalb einer Provenienz etwa gleich häufig verbreitet. Der wirtschaftlich wichtigere Stammkrebsbefall war bei der 9jährigen Lärche in Kupferhütte nur

Tabelle 6

**Zahl der von Stamm- und Astkrebs befallenen Lärchen auf den Meßreihen**
**Häufigkeit der Krebsstellen und Zahl der Stämme mit überwalltem Lärchenkrebs**
**Verhältnis zur vorhandenen Pflanzenzahl**

| | | L 19 Eulengebirge | L 20 Inselbeskiden | L 21 Jägerndorf |
|---|---|---|---|---|
| *Alter 8* | | | *Grünenplan* | |
| Astkrebs | n | 28 | 15 | 12 |
| | % | 23,9 | 13,6 | 11,3 |
| Stammkrebs einfach | n | 20 | 13 | 9 |
| Stammkrebs mehrfach | n | 5 | — | — |
| Stammkrebs insgesamt | n | 25 | 13 | 9 |
| | % | 21,4 | 11,8 | 8,5 |
| *Alter 16* | | | | |
| Stammkrebs einfach | n | 8 | 5 | 9 |
| Stammkrebs mehrfach | n | 1 | — | — |
| Stammkrebs insgesamt | n | 9 | 5 | 9 |
| | % | 8,2 | 4,7 | 8,7 |
| Stammkrebs überwallt | n | 13 | 12 | 7 |
| | % | 11,8 | 11,3 | 6,8 |
| | | | *Kupferhütte* | |
| *Alter 8* | | | | |
| Astkrebs | n | 10 | 11 | 21 |
| | % | 10,9 | 9,6 | 17,2 |
| Stammkrebs einfach | n | 9 | 14 | 23 |
| Stammkrebs mehrfach | n | 2 | 1 | 4 |
| Stammkrebs insgesamt | n | 11 | 15 | 27 |
| | % | 12,0 | 13,2 | 22,1 |
| *Alter 16* | | | | |
| Stammkrebs einfach | n | 16 | 16 | 34 |
| Stammkrebs mehrfach | n | 3 | 2 | 5 |
| Stammkrebs insgesamt | n | 19 | 18 | 39 |
| | % | 21,8 | 19,4 | 37,1 |
| Stammkrebs überwallt | n | 4 | 7 | 12 |
| | % | 4,6 | 7,5 | 11,4 |

wenig, in den 16jährigen Beständen dagegen erheblich höher als in Grünenplan. Das ist darauf zurückzuführen, daß — wie auch Tabelle 6 zeigt — eine große Zahl von Stammkrebsstellen in Grünenplan überwallt oder nicht mehr zu erkennen waren. Diese „Ausheilung" des Stammkrebses war jeweils bei der Provenienz am häufigsten, die auch den höchsten Befall und die beste Ertragsleistung aufwies: in Grünenplan die Sudetenlärche aus dem Eulengebirge (L 19), in Kupferhütte diese aus Jägerndorf (L 21). Dadurch wird die Erfahrung von SCHOBER (1949) bestätigt, daß wüchsige Lärchen eine gute Überwallungsfähigkeit zeigten. Gleichzeitig findet die Annahme von WACHTER (1964) eine Bestätigung, daß der Krebsbefall bestimmter Provenienzen durch die standörtlichen Verhältnisse stark beeinflußt werden kann.

Da der Befall an Ast- und Stammkrebs in beiden Versuchen provenienzweise verschieden war und nach der räumlichen Verteilung die Befallsunterschiede innerhalb der Versuche (Abb. 3) weniger in Einflüssen des Standorts, Nachbarbestands o. ä. zu vermuten sind, liegt es nahe, die Häufigkeit des Krebsbefalls im jeweiligen Bestandszustand des befallenen Lärchenbestandes selbst zu suchen. Die in beiden Versuchen am stärksten krebsbefallenen Bestände waren zugleich am dichtesten bestockt (siehe Tabelle 3). In Kupferhütte, wo die Bestockung geringer als nach der Ertragstafel war, wurde die schon relativ größte Bestockungsdichte des am stärksten von Krebs befallenen Bestandes durch Ebereschen weiter verdichtet (siehe Abschn. 1.4.). Der durchschnittlich geringere Befall und die häufigere Überwallung der Krebsstellen in Grünenplan ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß der Standort mit Ausnahme der im Windschatten des benachbarten Fichtenaltholzes wachsenden Sudetenlärche aus dem Eulengebirge (L 19) trockener und wärmer war als in Kupferhütte. Außerdem war hier die Krebsdisposition erhöht durch: Temperaturextreme des nahen Waldrandes, Eindringen feuchtkühler Luft von den hangabwärts gelegenen Wiesen sowie Verminderung der Austrocknung durch das in der Hauptwindrichtung vorgelagerte Fichtenaltholz und das zwischenständige Laubholz.

Die Streuungszerlegung (dreifache Klassifikation) mit den transformierten Werten (arc sin $\sqrt{\text{Prozent}}$) ist in der folgenden Varianztabelle wiedergegeben:

**Varianztabelle des Stammkrebsbefalls**

| Variationsursache | SQ | FG | MQ | F | Varianzkomponenten |
|---|---|---|---|---|---|
| Provenienzen (P) | 51,07 | 2 | 25,54 | | 0 |
| Versuchsorte (O) | 211,18 | 1 | 211,18 | | 5,6 |
| Alter (A) | 0,98 | 1 | 0,98 | | 0 |
| Interaktion (P x O) | 95,25 | 2 | 47,63 | 8,61 n. s. | 21,1 |
| Interaktion (P x A) | 28,07 | 2 | 14,04 | 2,54 n. s. | 4,3 |
| Interaktion (O x A) | 135,47 | 1 | 135,47 | 24,50 * | 43,3 |
| Fehler (P x O x A) | 11,06 | 2 | 5,53 | | 5,5 |

Beim Test der Interaktionen gegen den Fehler ergibt sich hier ein signifikanter F-Wert für die Wechselwirkung zwischen Alter und Versuchsorten. Die Gegenläufigkeit der Entwicklung des Krebsbefalls in den Versuchen Grünenplan und Kupferhütte mit zunehmendem Alter geht aus Tabelle 6 deutlich hervor.

Die Berechnung der Varianzkomponenten bestätigt dieses Ergebnis. Über die Höhe der Fehlervarianz liegt in der Spalte der Varianzkomponenten nur noch die Varianz: Interaktion (P X 0) und die Varianz aufgrund von Unterschieden zwischen den Versuchsorten.

Auf die Problematik des Faktors „Alter" wurde bereits bei den Untersuchungen über den Hallimasch hingewiesen.

Außer der besprochenen dreifachen Klassifikation wurde noch je eine getrennte Kreuzklassifikation für jedes Alter berechnet.

Im *Alter 9* waren hierbei weder die Unterschiede zwischen den Herkünften noch die zwischen den Versuchsorten signifikant.

Im *Alter 16* ergab sich jedoch ein gesicherter Unterschied im Krebsbefall zwischen den Versuchsorten, während die Herkunftsunterschiede auch hier nicht gesichert waren.

Diese Ergebnisse bestätigen die räumliche Verteilung des Krebsbefalls im Alter 9 (siehe Abb. 3), der überall dort stärker war, wo die Bestände unabhängig von der Provenienz dichter bestockt waren. Die Durchstellung mit Laubholz in Kupferhütte hat die Krebsdisposition anscheinend zusätzlich erhöht und zur Verstärkung des Krebsbefalls bis zum Alter 16 beigetragen, obwohl die Laubholzbeimischung bereits im Alter 8 entfernt wurde. Da der Laubholzaushieb in Grünenplan erst 7 Jahre später erfolgte, der Krebsbefall aber bis zum Alter 16 abnahm und auch die Überwallungsprozente meist höher als in Kupferhütte waren, ist eine verschiedene Krebsanfälligkeit der beiden Versuchsstandorte anzunehmen, wie sie von SCHOBER und FRÖHLICH (1967) herausgestellt wird.

Vergleicht man die einzelnen Parzellenwerte des prozentualen Krebsbefalls mit den entsprechenden Mittelwerten der Höhen- bzw. Durchmesseraufnahmen, so ist keine klare Korrelation festzustellen. Auch eine zusätzliche Überprüfung der Verteilung des Krebsbefalls auf 1 m-Höhenklassen (Alter 8) bzw. 4 cm-Stärkeklassen (Alter 16) erbrachte keine eindeutigen Abhängigkeiten. Gesicherte Korrelationen konnten nicht festgestellt werden, da die prozentuale Befallsstärke in den gebildeten Klassen sich als zufällig erwies. Das Fehlen des von SCHOBER (1949) festgestellten Zusammenhangs von Krebsbefall und Wuchsleistung des Einzelstamms ist vermutlich auf die im Verhältnis zu älteren Beständen geringe Differenzierung der noch nicht geläuterten Bestände zurückzuführen.

### 4.3. *Grauschimmel*

Der Befall wurde in beiden Versuchen mehr an den Seitenzweigen als an den Wipfeltrieben beobachtet. Nach SCHWERDTFEGER (1970) kann Myzel aus einem Kurztrieb in den bereits verholzten Langtrieb einwachsen und auch dessen oberen Teil zum Absterben bringen. Da Grauschimmel vor allem in feuchten Jahren nach vorangegangener Dürre auftritt, dürfte der Befall in den beiden Versuchen auf das Trockenjahr 1959 mit den folgenden niederschlagsreichen Jahren zurückzuführen sein.

Tabelle 7

**Zahl der von Grauschimmel befallenen 9jährigen Lärchen im Verhältnis zur vorhandenen Pflanzenzahl auf den Meßreihen**

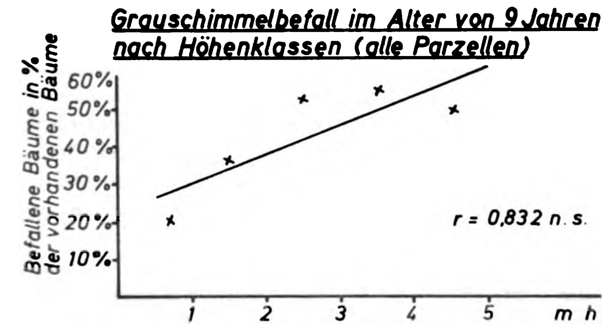
| | | Zahl der von Grauschimmel befallenen Pflanzen — Provenienz: L 19 Eulengebirge | L 20 Inselbeskiden | L 21 Jägerndorf |
|---|---|---|---|---|
| Versuch: Grünenplan | n | 76 | 35 | 39 |
| | % | 65 | 32 | 37 |
| Kupferhütte | n | 50 | 59 | 79 |
| | % | 54 | 52 | 65 |

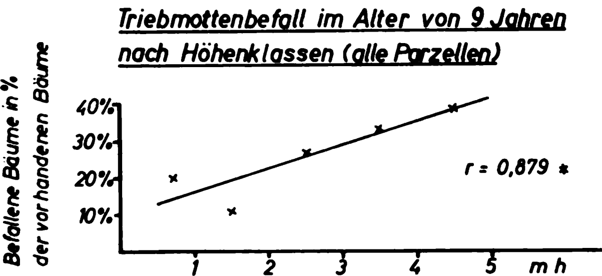
Nach Tabelle 7 war der durchschnittliche Befall von Grauschimmel in Kupferhütte insgesamt häufiger als in Grünenplan und auf allen Parzellen wesentlich verbreiteter als der Krebsbefall. Die von Krebs und Grauschimmel am stärksten befallenen Provenienzen waren die gleichen: in Grünenplan L 19 (Eulengebirge) und in Kupferhütte L 21 (Jägerndorf). Bei den 2 weiteren Herkünften jedes Versuchs war der Grauschimmelbefall annähernd gleich. Die höheren Werte in Kupferhütte scheinen darin eine Erklärung zu finden, daß hier die Durchstellung mit Laubholz die Bildung des Grauschimmelpilzes durch die erhöhte Luftfeuchtigkeit gefördert hat.

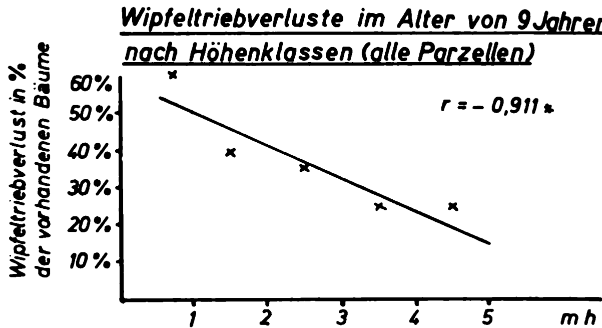
Die *statistische Prüfung* mittels Varianzanalyse (Kreuzklassifikation) erbrachte keine gesicherten F-Werte für die Unterschiede zwischen Provenienzen einerseits und Versuchsorten andererseits. Der prozentuale Anteil der Lärchen mit Grauschimmelbefall ist deshalb als zufällig anzusehen. Da die Stichproben sehr klein sind, gibt das Ergebnis allerdings nur eine relativ schwache Bestätigung der Nullhypothese.

Auch die Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Befallsdichte (siehe Abb. 3) sind denjenigen des Krebsbefalls in beiden Versuchen ähnlich. Ein großer Teil der Lärchen mit Krebsstellen hatte auch Grauschimmelbefall.

Da zwischen den Parzellen keine allmähliche Zu- oder Abnahme, sondern mit den Parzellengrenzen zusammenfallende Befallsgrenzen zu erkennen sind, scheint der Grauschimmel ähnlich dem Krebs




Abbildungen 4 - 6
Abhängigkeit des Grauschimmelbefalls, des Lärchentriebmottenbefalls und der Wipfeltriebschäden von der Pflanzenhöhe 9jähriger Lärchen.

von der provenienzweise verschiedenen Bestockungsdichte abhängig zu sein. Auch kleinklimatische Einflüsse sind erkennbar; so sind weniger befallen: in Grünenplan das nördliche Drittel der Lärchenbestände, die nicht der Randwirkung des südlich vorgelagerten Fichtenaltholzes ausgesetzt waren, und in beiden Versuchen die Westränder, die einer stärkeren Luftbewegung ausgesetzt sind.

Eine weitere Analyse der Aufnahmedaten schien auf einen gewissen Zusammenhang zwischen dem Befallsprozent und den Baumhöhen hinzudeuten. Es wurde deshalb noch eine *Regressions- und Korrelationsberechnung* durchgeführt. Das Ergebnis ist in Abbildung 4 wiedergegeben.

Die in Abbildung 4 dargestellte Abhängigkeit des Grauschimmelbefalls von der Baumhöhe ist mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,832 nicht gesichert. Die Zunahme des Befallsprozents von ca. 30 % (Höhe = 1 m) auf ca. 58 % (Höhe = 4,5 m) liegt also im Zufallsbereich. Eine Berechnung der Regression mit einer Funktion höheren Grades wurde wegen der geringen Zahl der Freiheitsgrade nicht durchgeführt.

### 4.4. *Lärchentriebmotte*

Der Befall wurde überwiegend an den Seitenzweigen beobachtet, was die Untersuchungen von Eidmann (1963) bestätigt, daß Gipfeltriebe selten getötet, aber durch teilweise Unterbrechung der Leitungsbahnen beschädigt werden. Diese Schädigung war als Folge des Triebmottenbefalls schwer zu erkennen, wurde aber vor allem für die zurückliegenden Jahre durch die gleichzeitige Ansprache der allgemeinen Beschädigung des Wipfeltriebs erfaßt (siehe Abschnitt 4.5.).

Einen Überblick über die Zahl der von Lärchentriebmotte geschädigten Pflanzen gibt Tabelle 8.

Tabelle 8
**Zahl der von Triebmotte befallenen 9jährigen Lärchen im Verhältnis zur vorhandenen Pflanzenzahl auf den Meßreihen**

| | | | Zahl der von Triebmotte befallenen Pflanzen — Provenienz | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | L 19 Eulengebirge | L 20 Inselbeskiden | L 21 Jägerndorf |
| Versuch: | Grünenplan | n | 33 | 28 | 19 |
| | | % | 30 | 25 | 18 |
| | Kupferhütte | n | 20 | 58 | 34 |
| | | % | 22 | 49 | 28 |

Aus Tabelle 8 ist zu erkennen, daß vor allem der maximale Befall von Lärchentriebmotte in Kupferhütte wesentlich größer war als in Grünenplan. Da es sich dabei um zwei völlig verschiedene Provenienzen handelt, scheint der Triebmottenbefall nicht an die Herkunft der Lärchen gebunden zu sein. Diese Annahme wurde durch eine Varianzanalyse bestätigt.

So ergab die *statistische Prüfung* der Unterschiede zwischen Provenienzen einerseits und Versuchsorten andererseits keine gesicherten F-Werte.

Nach der räumlichen Verteilung des Befalls (siehe Abb. 3) waren die Westränder der Versuche und z. T. auch der Parzellen am wenigsten befallen. Das ist darauf zurückzuführen, daß die Motten beim Schwärmen windexponierte Ränder mieden oder die den Raupen nachstellenden Parasiten bzw. Vögel die Ränder bevorzugten. Dafür spricht, daß die inmitten des Versuchs liegen-

den Parzellen: in Grünenplan L 19 (Beskiden) und in Kupferhütte L 20 den stärksten Befall aufwiesen.

Eine Analyse der Aufnahmedaten schien auch hier auf einen Zusammenhang zwischen Befallsprozent und Baumhöhe hinzudeuten. Das Ergebnis der *Regressions- und Korrelationsberechnung* ist in Abbildung 5 wiedergegeben.

Die Abbildung 5 zeigt einen gesicherten Zusammenhang zwischen dem Befall durch Lärchentriebmotte und Baumhöhe. Bei einem Korrelationskoeffizienten von r = 0,879* steigt die Regressionsgerade mit zunehmender Höhe an. Das Befallsprozent nimmt von ca. 16 % bei 1 m Höhe auf ca. 38 % bei 4,5 m Höhe zu. Daß höhere Pflanzen bevorzugt werden, ist damit zu erklären, daß die kräftigen und längeren Triebe höherer Lärchen bessere Voraussetzungen für den Fraß der Raupen bieten. Der in Grünenplan stärkste Befall der Herkunft L 19 (Eulengebirge) kann möglicherweise auch auf die große Höhenleistung dieser Provenienz zurückgeführt werden.

### 4.5. *Wipfeltriebschäden*

Verlust, Beschädigung und Verkrümmung des Wipfeltriebes können nicht nur durch die schon erwähnten Schäden von Rüsselkäfer, Rehbock, Grauschimmel und Lärchentriebmotte entstehen, sondern auch andere Ursachen haben, wie Witterungserscheinungen (ungenügende Verholzung, Trockenheit, Schnee und Hagel), Vögel, Blasenfuß usw. Merkmale dieser zuletztgenannten Wipfelschäden wurden jedoch nicht beobachtet.

Die zahlenmäßige Häufigkeit der Wipfelschäden soll an Hand der Tabelle 9 erläutert werden.

Tabelle 9

**Zahl der 9jährigen Lärchen mit Wipfelverlust oder -beschädigung Schätzung des Jahres der Entstehung des Schadens Verhältnis zur vorhandenen Pflanzenzahl auf den Meßreihen**

| | | *Grünenplan* | | | *Kupferhütte* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | L 19 | L 20 | L 21 | L 19 | L 20 | L 21 |
| Wipfeltriebverlust | | | | | | | |
| im Jahre: | 1957 | 4 | 1 | 1 | | | |
| | 1958 | 9 | 3 | 6 | | | |
| | 1959 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 |
| | 1960 | 8 | 7 | 11 | 6 | 4 | 4 |
| | 1961 | 3 | 4 | 3 | 5 | 8 | 3 |
| | 1962 | 2 | 1 | | 9 | 14 | 9 |
| | 1963 | 1 | 2 | 2 | 5 | 20 | 11 |
| gleichzeitig in mehreren Jahren | | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 | 6 |
| Insgesamt: | | 35 | 24 | 28 | 29 | 51 | 35 |
| % zur vorhandenen Pflanzenzahl | | 29,9 | 21,8 | 26,4 | 31,5 | 44,7 | 28,7 |

Die Tabelle 9 läßt erkennen, daß die prozentualen Unterschiede der Wipfelschäden zwischen den Versuchen und innerhalb dieser denjenigen des Triebmottenbefalls sogar in den Prozentsätzen ähneln.

Wenn auch die Ansprache des Jahres, in dem die Schäden entstanden, nicht immer als sicher anzusehen ist, sind doch die Ergebnisse wichtig für die Entwicklung der Wipfeltriebschäden, die in Grünenplan bis zum Kulturjahr zurückreicht. Ursache dafür könnten außer dem Fegen der Rehböcke ungenügende Verholzung, Vertrocknung der Spitzentriebe an den großen Pflanzen sowie Rüsselkäferbefall in ihrem oberen Teil sein. Obwohl die Wipfelschäden in Kupferhütte offenbar 2 Jahre später begannen und ihren Höhepunkt erreichten, war der Prozentsatz der Pflanzen mit beschädigtem Wipfel größer als in Grünenplan. Meist handelt es sich um einmaligen Wipfelschaden; mehrfacher Schaden war um so häufiger zu beobachten, je mehr Lärchen überhaupt geschädigt waren. Die *Varianzanalyse* (Kreuzklassifikation) erbrachte keine gesicherten Unterschiede zwischen Provenienzen oder Standorten.

Die Übergänge von Parzelle zu Parzelle nach der Verteilung der Wipfeltriebschäden (siehe Abb. 3) zeigen, daß der Schaden kaum an die Provenienz gebunden, sondern weitgehend standortabhängig ist. So haben die inmitten der Versuche liegenden Parzellen — in Grünenplan mit der Herkunft L 19 und L 21, in Kupferhütte mit der Provenienz L 20 — mehr Wipfeltriebschäden als die Außenparzellen. Als Ursachen kommen außer den oben erwähnten Schäden zu Kulturbeginn später insbesondere Beschädigungen durch Triebmotte in Frage. Die Triebmottenschäden, die meist nur an den Seitenzweigen als solche angesprochen wurden, waren am Wipfeltrieb erst durch die Bildung des Ersatztriebes erkennbar. Sie wurden deshalb auch erst durch die Ansprache der Wipfeltriebschäden erfaßt. So erklärt sich, daß die am stärksten von Triebmotte befallenen Parzellen — in Kupferhütte die Herkunft L 20 (Beskiden) und in Grünenplan die Provenienz L 19 — den häufigsten Schaden an Wipfeltrieben aufwiesen.

Die Berechnung der Korrelation zwischen Wipfelschädigung und Baumhöhe erbrachte das in Abbildung 6 dargestellte Ergebnis.

Für die Abhängigkeit zwischen Wipfeltriebschäden und Pflanzenhöhe wurde ein Korrelationskoeffizient von — 0,911* berechnet. Die Abnahme der prozentualen Wipfeltriebbeschädigung von ca. 50 % bei 1 m auf ca. 20 % bei 4,5 m Höhe der Lärchen ist als statistisch gesichert anzusehen.

Die häufige Beobachtung von Wipfeltriebschäden an niedrigen Pflanzen ist — wie die Aufgliederung nach Höhenklassen zeigt — in vielen Fällen auf die meist frühe Entstehung des Schadens mit anschließender Deformierung der Sproßachse zurückzuführen. Die Gegenläufigkeit der Regressionsgeraden für Triebmottenbefall und Wipfeltriebverlust könnte dadurch erklärt werden, daß an den jetzt höheren Lärchen die Seitenzweige bevorzugt wurden (hoher Triebmottenbefall, geringe Wipfeltriebverluste), so daß ein großer Teil der Wipfelschäden bei den jetzt niedrigen Bäumen auf zeitlich zurückliegende Schäden der Triebmotte an damals relativ hohen Lärchen zurückzuführen ist, was ein Zurückbleiben im Zuwachs zur Folge hatte.

Da Provenienzen mit starken Wipfeltriebschäden wie die beiden Sudetenlärchen dennoch die meisten geraden Stämme hatten, ist eine sehr unterschiedliche Verwachsung dieser Schäden für die verschiedenen Provenienzen anzunehmen.

## 5. Schaftqualität

Die Schaftform ist als Ergebnis provenienzbedingter Wuchsleistung einerseits und Umwelteinflusses andererseits anzusehen. Die Qualität des Lärchenholzes wird in erster Linie durch die Gradheit der Schäfte bestimmt. Nach den vorher behandelten Untersuchungsergebnissen können viele Ursachen Schaftkrümmungen verursachen. In Abbildung 7 ist der Anteil gerader, bogiger und mehrfach bogiger Stämme für die Versuche und Provenienzen graphisch dargestellt.

Aus Abbildung 7 ist zu ersehen, daß die Zahl der Stämme mit Krümmungen zu beiden Aufnahmeterminen in Grünenplan kleiner als in Kupferhütte und bei der 2. Aufnahme in beiden Versuchen größer als bei der ersten war. Die Zunahme ist bei beiden Versuchen in den einfach bogigen Stämmen zu suchen. Während aber in Grünenplan der Prozentsatz der mehrfach bogigen Stämme zurückging, blieb er in Kupferhütte bei der Aufnahme im Alter 16 annähernd gleich oder stieg z. T. (L 21) noch an.

Von den Provenienzen hatte die Jägerndorfer Sudetenlärche (L 21) in beiden Versuchen die wenigsten bogigen und die meisten

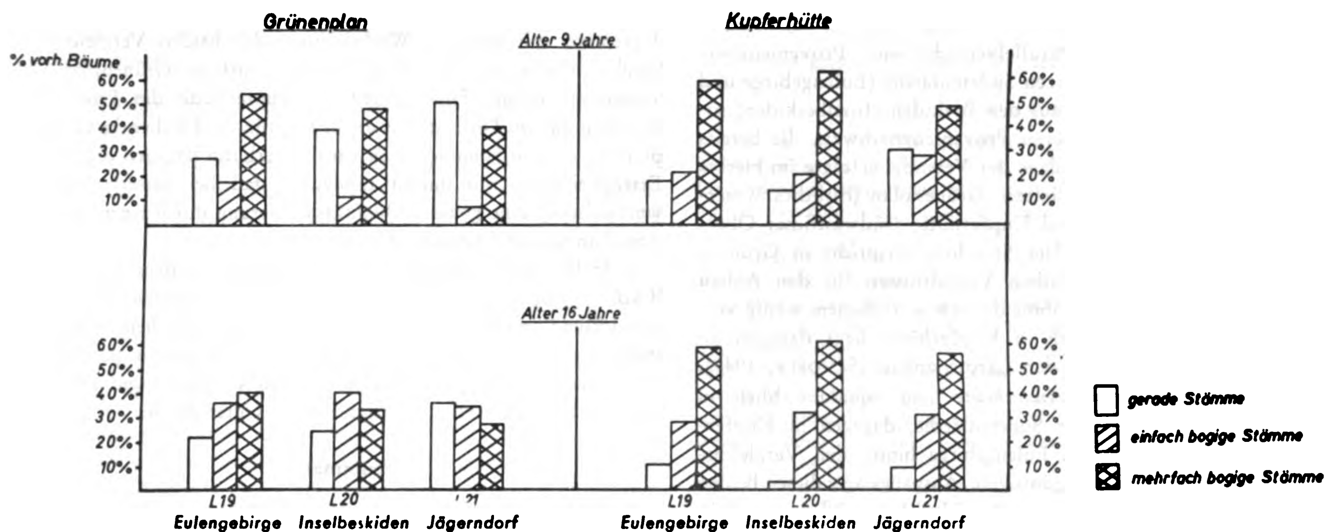



Abbildung 7
Prozentsatz gerader, bogiger und mehrfach bogiger Stämme in den 9- und 16jährigen Lärchenbeständen.

geraden Stämme, obwohl diese Herkunft in Kupferhütte den höchsten Krebs- und Grauschimmelbefall und in Grünenplan die meisten Wipfeltriebbeschädigungen aufwies. Umgekehrt hatte die Beskidenlärche (L 20) mit dem höchsten Wipfeltriebschaden auch den größten Prozentsatz bogiger Stämme. Die Sudetenlärche aus dem Eulengebirge (L 19), die in den Wipfeltriebschäden die Jägerndorfer Sudetenlärche nur wenig, die Beskidenlärche (L 20) aber erheblich übertraf, hatte in Grünenplan mehr bogige Lärchen als die letztgenannte Herkunft, in Kupferhütte weniger als diese.

Dieser Unterschied kann möglicherweise auf die stärkeren Wipfelschäden in Grünenplan zurückzuführen sein.

Die Provenienzeigenschaften scheinen auf die Schaftqualität einen wesentlich größeren Einfluß als die untersuchten Beschädigungen zu haben, von denen sich die Wipfeltriebbeschädigungen anscheinend am meisten auf die Schaftkrümmungen auswirkten. Der höhere Anteil von Stämmen mit Schaftkrümmungen in Kupferhütte ist außerdem vermutlich durch die Krümmungen infolge hoher Schneelage oder Rauhreif zu erklären.

### *Statistische Berechnungen zur Schaftqualität*

1. Mit dem $\chi^2$-*Test* wurde zunächst eine Homogenitätsprüfung vorgenommen. Zweck des Tests war die Untersuchung, ob in den verschiedenen Parzellen die in den einzelnen Aufnahmereihen gefundenen Werte (Anteile der geraden, bogigen und mehrfach bogigen Stämme) nur zufallsmäßig voneinander abweichen.

Die Spaltungsverhältnisse der einzelnen Reihen einer Parzelle wurden hierbei mit den Erwartungswerten aus den Summen dieser Parzellen verglichen.

Die Ergebnisse des $\chi^2$-Tests sind in der folgenden Zusammenstellung aufgeführt:

| Versuch | Alter | L 19 | L 20 | L 21 |
|---|---|---|---|---|
| Grünenplan | 9 | n. s. | n. s. | n. s. |
| | 16 | n. s. | n. s. | n. s. |
| Kupferhütte | 9 | ** | ** | ** |
| | 16 | n. s. | ** | ** |

Auffallend ist die übereinstimmende Homogenität in allen Parzellen im Versuch Grünenplan, während die Schaftform-Spaltungsziffern in den 5 Reihen der Parzellen im Versuch Kupferhütte bis auf 1 Ausnahme alle hoch signifikant verschieden sind. Das kann u. a. darauf zurückgeführt werden, daß die Bestände in Kupferhütte durch die bessere Wuchsleistung der Lärche, die Durchstellung mit Laubholz und den stärkeren Schädlingsbefall mehr differenziert waren als in Grünenplan.

2. In weiteren Berechnungen wurde der prozentuale Anteil an geraden Stämmen, der ja das wertbestimmende Merkmal darstellt, untersucht. Zunächst wurden ziemlich hohe *Korrelationen* zwischen den Prozentwerten der geraden Stämme im Alter 9 und im Alter 16 (r = 0,762) festgestellt.

Das ist dadurch zu erklären, daß der Anteil gerader Stämme im Laufe der dazwischen liegenden 7 Jahre durch gleichmäßige Zunahme einfach bogiger, meist säbelwüchsiger Stämme in beiden Versuchen und allen Provenienzen zurückging.

Weiterhin besteht ein gewisser negativer Zusammenhang zwischen den Prozentwerten der geraden Stämme im Alter 9 und den Prozentwerten der Wipfeltriebverluste im Alter 9 (r = — 0,619). Wenn die Korrelationskoeffizienten bei der geringen Zahl der Freiheitsgrade auch nicht statistisch gesichert sind, so zeigen die Zusammenhänge doch eine gewisse Tendenz. Dadurch wird bestätigt, daß die meist durch Lärchentriebmotte verursachten Wipfeltriebschäden in hohem Maße mit für die Verkrümmungen der Schaftform verantwortlich sind.

3. Für die *Varianzanalyse* wurden deshalb von vornherein nach dem Alter getrennte Kreuzklassifikationen berechnet. Hierbei ergaben sich für die Ansprache im Alter 9 keine signifikanten Unterschiede zwischen Provenienzen oder Versuchen. Die Auswertung der Prozentsätze der geraden Stämme im Alter 16 ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsflächen, während die Differenzen zwischen den Herkünften nicht gesichert waren. Diese Feststellung ist mit dem verhältnismäßig starken Rückgang des Prozentsatzes gerader Stämme infolge Zunahme der mehrfach bogigen Lärchen im Versuch Kupferhütte durch Wipfelschäden (Schnee, Rauhreif) zu deuten. So ging bei der Provenienz L 20 (Beskiden) der Anteil gerader Stämme von 26 % im Alter 9 auf 4 % im Alter 16 zurück.

Wenn auch die Provenienzunterschiede für gerade Schaftform wegen der hohen Interaktion varianzanalytisch nicht gesichert waren, so ist bemerkenswert, daß die Abnahme des Prozentsatzes gerader Stämme von der 1. zur 2. Aufnahme bei der Beskidenlärche (L 20) mit der geringsten Wuchsleistung am größten, bei den Sudetenlärchen aus dem Eulengebirge (L 19) mit der höchsten Ertragsleistung am geringsten war. Im Vergleich zu dieser nahm die Zahl gerader Stämme bei der Jägerndorfer Sudetenlärche (L 21) etwas mehr ab, was infolge anfänglichen Schlängelwuchses junger Sudetenlärchenbestände häufig anzutreffen ist, wie SCHOBER (1967) nachwies.

## Zusammenfassung und Schlußfolgerungen für die Praxis

1. Untersucht wurden 2 Parallelversuche einer Provenienzversuchsreihe mit zwei Provenienzen Sudetenlärche (Eulengebirge und Jägerndorf), einer Herkunft aus den Beskiden (Inselbeskiden) sowie einer weiteren ohne näheren Provenienznachweis, die bereits bei der Kultur ausfiel. Die Anlage der Versuche erfolgte im Herbst 1957 in den staatlichen Forstämtern Grünenplan (östliches Weserbergland, 300 m Seehöhe) und Kupferhütte (südwestlicher Oberharzrand, 400 m Seehöhe). Der Standort entspricht in Grünenplan annähernd durchschnittlichen Verhältnissen für den Anbau europäischer Lärche mit Ausnahme des etwas trockenen, wenig verlehmten Bodens. Der Versuch in Kupferhütte liegt dagegen an der oberen Klimagrenze für den Lärchenanbau (Schober, 1949).

2. Hinsichtlich der *Pflanzenausbeute* und -qualität blieb in Grünenplan die Jägerndorfer Sudetenlärche, dagegen in Kupferhütte die Herkunft aus dem Eulengebirge hinter den Vergleichsprovenienzen zurück. Die ungünstigere Ausgangslage dieser beiden Sudetenprovenienzen wirkte sich offensichtlich im Pflanzenausfall, in der Bestockungsdichte sowie z. T. in der Zuwachsleistung und der Resistenz gegen Schäden aus.

3. Dennoch hatte die Sudetenlärche aus dem Eulengebirge in den 8jährigen Kulturen beider Versuche eine größere *Höhenleistung* als die Sudetenprovenienz Jägerndorf, während sich eine Überlegenheit in der *Durchmesserleistung* der 16jährigen Bestände nur bei der durch stärkere Selektion begünstigten Eulengebirgsprovenienz in Grünenplan ergab. Die Beskidenlärche war in beiden Versuchsorten den zwei Sudetenprovenienzen in der Leistung an Höhe und Durchmesser unterlegen.

4. Die meisten *Pflanzenausfälle* wurden durch Hallimasch verursacht. Der Befall war wie auch andernorts nach dem Trockenjahr 1959 besonders stark und ließ im Stangenholzalter nach. Der Hallimaschbefall war umso stärker, je geringer die Pflanzenauslese, je nährstoffreicher, frischer und luftfeuchter der Standort und je dichter die Bestockung mit Lärche und natürlich beigemischtem Laubholz war. Die meisten dieser Bedingungen trafen für den Versuch in Kupferhütte zu, so daß hier der Hallimaschschaden durchschnittlich häufiger als in Grünenplan war. Bemerkenswert ist, daß bei der Provenienz Jägerndorf, die in Kupferhütte die beste Auslese aufwies, einzelne Lärchen die Hallimascherkrankung im Laufe von 8 Jahren überwanden.

5. Der *Lärchenkrebsbefall* war auf dem warmen und trockenen Standort in Grünenplan nach Schober (1949) als mittel anzusprechen und ging mit beginnendem Stangenholzalter zurück. Dagegen nahm der schon bei der Kultur stärkere Krebsbefall in Kupferhütte vermutlich infolge des kühlfeuchten Klimas zu. Die meisten Überwallungen von Krebsschäden wurden an den wüchsigen Sudetenlärchen beider Versuche jeweils bei der Provenienz mit der schärfsten Pflanzenselektion beobachtet. Die Krebsschäden hatten weniger Verluste am Zuwachs als am Wert der befallenen Stämme zur Folge.

6. Von *Grauschimmel* wurden in den auf das Trockenjahr 1959 folgenden niederschlagsreichen Jahren die höchsten Lärchen und wüchsigsten Provenienzen befallen. Sonst wurde der Befall unter ähnlichen Bedingungen wie der Krebsbefall, jedoch ausschließlich im Bestandsinnern festgestellt. Da der Grauschimmelbefall fast nur an Seitenzweigen beobachtet wurde, sind lediglich geringe Zuwachsverluste als Folge anzunehmen.

7. *Wipfeltriebschäden* und -verluste wurden anfangs durch Rüsselkäferfraß und Fegen von Rehböcken, später vor allem durch Befall von *Lärchentriebmotte* verursacht. Diese Schäden, die inmitten der Bestände häufiger als an den Rändern waren, ließen die wenigsten Zusammenhänge mit genetischen Merkmalen der Lärchen erkennen. Da die wüchsigsten Lärchen von der Triebmotte bevorzugt wurden, können die dadurch entstandenen Stammkrümmungen die Qualität erheblich vermindern.

8. In der *Stammqualität* war in fast allen Fällen die Provenienz Jägerndorf mit mittlerer Wuchsleistung den beiden Vergleichsherkünften überlegen. Am schlechtesten schnitt in Grünenplan die Sudetenprovenienz Eulengebirge, in Kupferhütte die Provenienz Beskiden ab. Im Durchschnitt ergab sich für die Lärchen in Grünenplan die bessere *Stammqualität*, in Kupferhütte dagegen die höhere Ertragsleistung, was darauf hindeutet, daß bei besserer Höhenwuchsleistung eine gewisse Qualitätsminderung durch einen höheren Anteil an Stammkrümmungen eintritt.

9. In beiden Versuchen war der Einfluß der Provenienz auf die *Wuchsleistung* zu erkennen, aber wegen der Unterschiede der Jugendentwicklung und der Umwelteinflüsse im Alter 8 (Höhen) noch nicht statistisch gesichert. Erst im Alter 16 ergaben sich in der Durchmesserleistung der beiden Sudetenlärchen einerseits und der Beskidenlärche andererseits hochsignifikante Unterschiede.


## Summary

Title of the paper: *Early growth and correlation between damage and growth in different provenances of European larch.*

Two provenances from Poland and one provenance from Czechoslovakia were experimentally planted in two forest districts in Lower Saxony. Different development was partly due to variation in nursery and planting conditions. One Polish provenance produced different plant per cents and qualities in two nurseries, and consequently different mortality, density, growth rates and incidence of fungal attack from *Armillaria,* canker and mould.

In both districts the Polish Wroclav provenance exceeded the Czecholovakian provenance in height growth, and both the Polish Krakov provenance in diameter growth. Fungal attack and bent stems were more common in the moister Harz locality, but growth was also better than in the somewhat drier and less fertile Weser Hills locality.

The trees with the fastest height growth of the Wroclav and Czechoslovakian provenances had the best stem form in almost all plots, but the relationship between stem form and provenance remained uncertein due to the variation caused by different early growth patterns and site-dependent damage by animals and fungi.



## Résumé

Titre de l'article: *Etudes sur la croissance juvénile et les corrélations entre la production et les dégats chez diverses provenances du mélèze d'Europe.*

Les corrélations entre la production jusqu'à l'âge de 16 ans d'une part, la croissance juvénile et les dégats dus aux parasites d'autre part, ont été étudiés dans des peuplements de mélèzes d'Europe ayant les provenances suivantes:

— Mélèze des Sudètes de Jägerndorf-Albrechtice-Hyncice (Tchécoslovaquie)
— Mélèze des Sudètes de la région de WROCLAV (Pologne)
— Mélèze des Beskides de la région de KRAKOV (Pologne)

Les expériences ont été poursuivies dans deux dispositifs du «Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt», dans les districts forestiers de:

*Grünenplan:* Est du Weserbergland. Alt.: 300 m.

*Kupferhütte:* Bordure sud-ouest de l'Oberharz-Alt.: 400 m.

Les différentes constations dans le développement des peuplements peuvent être en partie attribuées au fait que les conditions dans les pépinières et lors de la plantation n'étaient pas identiques. C'est ainsi que les plants des mêmes provenances de mélèzes des Sudètes éduqués dans deux pépinières étaient différents quant au nombre et à la qualité, ce qui se traduisit lors de la plantation par des taux de mortalité inégaux, des densités de peuplements

et un développement variables ainsi que par des résistances non identiques aux attaques de champignons: armillaire, chaux du mélèze, moisissure grise.

Dans les deux expériences, la croissance en hauteur des mélèzes de la région de WROSLAV fut supérieure à celle des mélèzes de Jägerdorf; la croissance en diamètre de ces deux provenances fut significativement plus élevée que celle des mélèzes des Beskides. Dans l'expérience de Kupferhütte, à la limite altitudinale des plantations de mélèzes, toutes les provenances furent plus productives qu'à GRUNENPLAN où les conditions, en moyenne, conviennent au mélèze, la station étant cependant un peu plus sèche, avec des sols moins riches; par contre, on a constaté des attaques plus importantes des champignons indiqués ci-dessus, et un nombre plus élevé de troncs tordus.

Dans presque toutes les parcelles expérimentales, les mélèzes des Sudètes ont une croissance en hauteur supérieure à celle des mélèzes des Beskides et en outre des fûts mieux conformés. La corrélation entre qualité des fûts et provenances n'est cependant pas certaine en raison d'une part des croissances juvéniles différentes et d'autre part des dégats liés aux conditions de l'environnement, par exemple ceux dûs aux hylobes, aux chevreuils, à la moississure grise, à la teigne du mélèze. J. M.

### Literatur

Eidmann, H., 1963: Das schädliche Auftreten und die Bekämpfung der Lärchentriebmotte. AFZ 18, S. 32 - 33. — Hopp, P. J., 1957: Zur Kenntnis des Lärchenkrebses (Dasyscypha Wilkommii [Hartig] Rehm) an Larix decidua. Forstw. Centralblatt Nr. 76, S. 321 - 384. — Schober, R., 1949: Die Lärche, eine ertragskundlich-biologische Untersuchung. Hannover. — Schober, R., 1960: Forstliche Ertragskunde. Fortschritte in der Forstwirtschaft, München, Seite 131 - 155. — Schober, R. und Fröhlich, H. J., 1967: Der Gahrenberger Lärchen-Provenienzversuch, eine biologisch-ertragskundliche Untersuchung und methodische Studie. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Mitteilungen der Nieders. Forstlichen Versuchsanstalt, Band 37/38, Verlag Sauerländer, Frankfurt/Main. — Schwerdtfeger, F., 1970: Die Waldkrankheiten, ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. Hannover. — Snedecor, G. W. and Cochran, W. G., 1968: Statistical Methods, 6. Edition. Ames. — Wachter, H., 1964: Über den Stammkrebsbefall an der europäischen Lärche. Forstwiss. Centralblatt, Seite 257 - 281. — Weber, E., 1967: Grundriß der Biologischen Statistik, 6. Aufl., Stuttgart. — Zycha, H., (1960): Zur Frage der Infektion beim Lärchenkrebs. Phytopathologische Zeitschrift, S. 61 - 74. — Zycha, H., 1961: Trieb- und Nadelschäden an jungen Lärchen im Bestand. AFZ Nr. 16, S. 406 - 407.

# Die Verwendung quantitativ erfaßter Merkmale der photographischen Textur von Schwarz-Weiß-Luftbildern für die Identifizierung einiger Objekte

Aus dem Institut für Forsteinrichtung und forstliche Betriebswirtschaft der Universität Freiburg

(Mit 2 Tabellen und 5 Abbildungen)

Von Alparslan Akça

## 1. Einleitung

Das zunehmende Bedürfnis nach Informationen aus Luftbildern und das Bestreben, die Geschwindigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Luftbildinterpretation zu verbessern und das menschliche Denken von Routinearbeiten zu entlasten, nicht zuletzt auch der hohe Informationsgehalt des Luftbildes führten in den letzten Jahren zu einer neuen Entwicklungsperiode und eröffneten damit einen ganz neuen Problemkreis der Forschung, nämlich den der maschinellen Interpretation der Luftbilder. Bemühungen auf diesem Gebiet, die herkömmliche visuelle Luftbildinterpretation durch objektive maschinelle Auswertung zu ersetzen, sind von vielen Wissenschaftlern aufgenommen worden — sei es in Form einer Verbesserung der Interpretationsgeräte, sei es in Form eines halbautomatischen Interpretationssystems, z. B. durch photographische Dichtenmessungen, oder auch in Form der Gestalterkennung durch vollautomatische Interpretationssysteme[1]).

Bei den Untersuchungen, die Steiner und seine Mitarbeiter am geographischen Institut der Universität Zürich, und Doverspike, Flynn und Heller in den USA durchführten, versuchte man durch makro- oder mikrometrische Messung der photographischen Dichte auf Schwarz-Weiß- oder auch Farb-Luftbildern die photographische Tönung ohne Berücksichtigung ihrer kleinräumigen Variationen quantitativ zu erfassen und dadurch eine Interpretation qualitativer Informationen zu erzielen. In Japan zog Nakajima auch die Variationen der photographischen Tönung heran und errechnete die statistischen Momente aus den mikrometrischen Densogrammen zur Erkennung von Waldbestandestypen.

In der folgenden Untersuchung, die im Institut für Forsteinrichtung und forstliche Betriebswirtschaft der Universität Freiburg im Rahmen einer Dissertation vorgenommen wurde, wird die Frage geprüft, ob die photographische Textur (photographische Tönung und ihre kleinräumigen Variationen) auf Schwarz-Weiß-Luftbildern quantitativ zu erfassen ist und ob dadurch mit Hilfe statistischer Methoden die Unterscheidung und Identifizierung einiger Objekte möglich werden.

## 2. Das verwandte Material

Das verwandte panchromatische Luftbildmaterial wurde am 12. 10. 1962 mit einer Zeiss Reihenmeßkammer (RMK A 30/23) mit Topar-Objektiv (c = 305.42) aufgenommen. Die Aufnahmen sind von hervorragender Qualität. Für die photographischen Dichtemessungen auf Luftbild-Diapositiven stand ein „Double-Beam Recording Microdensitometer Modell E 12 Mk III von Joyce Co LTD" im Institut für wissenschaftliche Photographie der Technischen Hochschule in München zur Verfügung. Das ist ein Meßgerät, das die photographische Dichte auf Diapositiven oder auch auf Papierabzügen entlang einer Linie mißt und auf ein Millimeterpapier in Form von Densogrammen registriert. Die effektive Meßspaltbreite läßt sich bis unter 1 $\mu$ einstellen, der Übersetzungsfaktor (Vergrößerung der Abzisse der analysierten Zone auf dem Registrierpapier) zwischen 1 und 200 variieren. Der Skalenfaktor der Ordinaten auf dem Registrierpapier wird durch den verwendeten Graukeil bestimmt, der sich je nach der Maximalschwärzung des Meßobjektes auswechseln läßt und dessen Meßbereiche sich von 0–0.5 bis 0–3.0 Schwärzungseinheiten erstrecken, wobei auch andere Graukeile mit anderen Maximalschwärzungen Verwendung finden.

## 3. Methodik der Untersuchung

Es sollten folgende Objektgruppen voneinander unterschieden und identifiziert werden:

[1]) Aus der Vielzahl der Literatur sei hier verwiesen auf: Ray und Fischer, 1960; Murray. 1961; Rosenfeld, 1962a, 1962b, 1962c, 1965; Nakajima und Hasegawa, 1962; Nakajima, 1964; Hawkins und Munsey, 1963; Doverspike, Flynn und Heller, 1965; Langley, 1965; Kilchenmann, 1965; Maurer, 1965; Steiner und Haefner, 1965; Steiner, Maurer und Kilchenmann, 1966; DiPentima, 1968; Baumberger, 1969; Wolff, 1969.

1) junge Fichtenbestände
2) mittelalte Fichtenbestände
3) alte Fichtenbestände
4) junge Buchenbestände
5) mittelalte Buchenbestände
6) alte Buchenbestände
7) Waldkulturen
8) frisch gepflügte Äcker
9) ungepflügte Äcker
10) Wasser
11) Verkehrsflächen.

Da die beschatteten Flächen an den Waldrändern einen ziemlich großen Teil der Fläche einnahmen, wurden sie bei der Untersuchung als ein eigenes zu identifizierendes Objekt betrachtet.

Für jedes Objekt wurden 5 Stichproben ausgesucht, auf den Luftbildern markiert und mit dem Mikrodensitometer abgetastet. Die Länge der Meßlinien betrug 5 mm; je 5 solcher Linien wurden im Abstand von 1 mm angeordnet, für jedes untersuchte Objekt standen damit 5 solcher Linienpakete zu je 5 Meßlinien für die Auswertung zur Verfügung.

Im Anhalt an die Arbeiten von Nakajima und Hasegawa (1962) und nach einer Voruntersuchung, in der eine Teststrecke mit verschiedenen Meßspaltflächen skandiert wurde, stellte sich die Meßspaltfläche 20 $\mu$ x 20 $\mu$ als die geeignetste für die vorliegende Untersuchung heraus. Bei kleineren Meßspaltflächen machte sich Körnigkeit des Filmes zu stark bemerkbar und bei größeren gingen einige Details der zu erfassenden Objekte verloren. Als Übersetzungsfaktor wurde 50 gewählt, d. h. eine 50fach vergrößerte Registrierung der Densogramme in Richtung der X-Achse. Noch größere Übersetzungsfaktoren z. B. 100 oder 200 brachten keine wesentliche Verbesserung, erforderten aber mehr Zeit; bei kleineren sind die Messungen zwar schneller, die Densogramm-Ausschläge aber so eng, daß man bei ihrer Auswertung Schwierigkeiten haben könnte. Bei Verwendung eines Graukeils von 0–3.3 ergaben sich in der Richtung der Y-Achse auf dem Registrierpapier Skaleneinheiten, die für die Auswertung der Densogramme geeignet waren.

#### 4. Die mikrometrischen Densogramme

Je ein Beispiel der mikrometrischen Densogramme der obengenannten Objekte sind in Abb. 1, 2, 3 und 4 gegeben. Größere Grautonwerte weisen auf eine dunklere photographische Tönung hin. Über die Eigenschaften dieser Densogramme ist folgendes zu sagen:

Die spitzen Wipfel der Fichten — besonders ausgeprägt bei alten und mittelalten Bäumen — bilden sich auf dem Luftbild als glänzende Punkte ab; diese erscheinen dann bei den Densogrammen als spitze Täler. Die beschatteten Kronenseiten und Zwischenlücken, die einen prozentual größeren Anteil auf dem Luftbild einnehmen, werden als Gipfelgruppe aufgezeichnet. Bei jungen Fichtenbeständen erhöht sich die Anzahl der Täler pro Profilstreckeneinheit, was sich auf die Frequenz der Grautonvariationen auswirkt (Abb. 1).

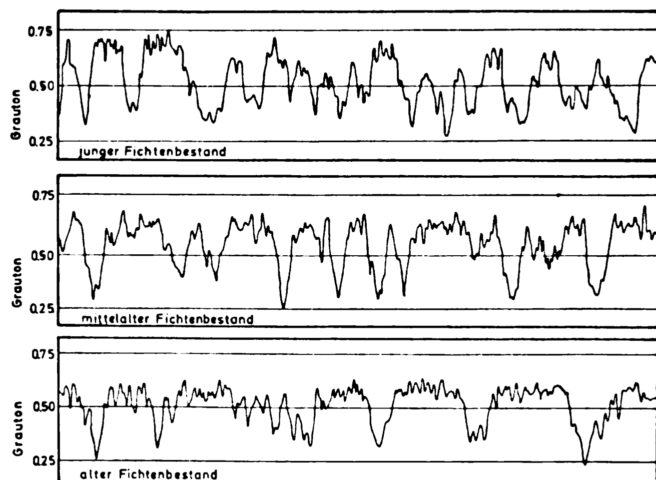
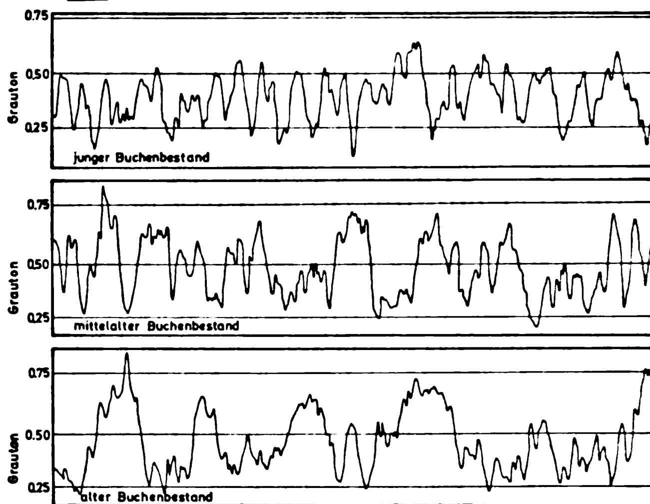


Abb 1

Buchen haben keine spitzen Wipfel und demzufolge bei ihrer photographischen Textur keine glänzende Punkte. Aufgrund der helleren Abbildungen der Buchenkronen erhöht sich die Anzahl der Täler bei den Densogrammen. Mit zunehmendem Alter der Bestände vergröbern sich deren photographische Texturen, demzufolge nimmt die Frequenz der Grautonvariationen ab. Bei älteren Beständen vergrößert sich der Anteil der beschatteten Lücken, daher erhöht sich bei den Densogrammen der Anteil der Gipfel. Bei dem Variationsumfang der Densogramme ist auch eine Altersabhängigkeit feststellbar, und zwar wird er mit zunehmendem Alter des Bestandes immer größer (Abb. 2).

Abb. 2



Von den photographischen Texturen aller Waldflächen weisen, wie zu erwarten, die Waldkulturen den kleinsten Variationsumfang und den niedrigsten Mittelwert des Grautons auf. Die Körnigkeit wirkt sich auf die informativen Grautonvariationen störend aus, trotzdem spiegeln die Densogramme die feinen Texturen der Waldflächen deutlich wieder (Abb. 3).

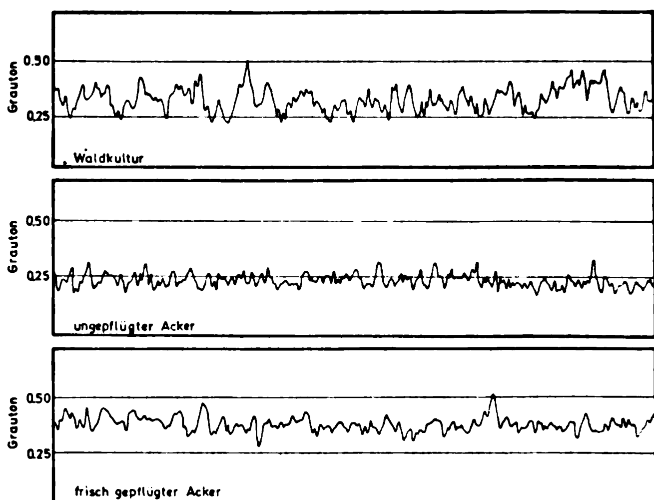


Abb. 3

Die Densogramme von Ackerflächen unterliegen, besonders bei frisch gepflügten Äckern, zum Teil ziemlich stark der Körnigkeit. Der Variationsumfang des Grautons und die Frequenz der informativen Grautonvariationen sind geringer als die der Waldkulturen (Abb. 3).

Bei Wasser- und Schattenflächen unterliegen die Densogramme sehr stark den Einflüssen der Körnigkeit. Die texturlosen Erschei-

nungen von Wasser und Schatten dürften eigentlich in ihren Densogrammen keine Variationen aufweisen; ihr Vorhandensein ist allein auf die Körnigkeit zurückzuführen (Abb. 4).

Die Densogramme von Verkehrsflächen befinden sich aufgrund ihrer sehr hellen und texturlosen Abbildungen in den niedrigsten Grautonstufen und weisen die kleinsten Variationen auf (Abb. 4).

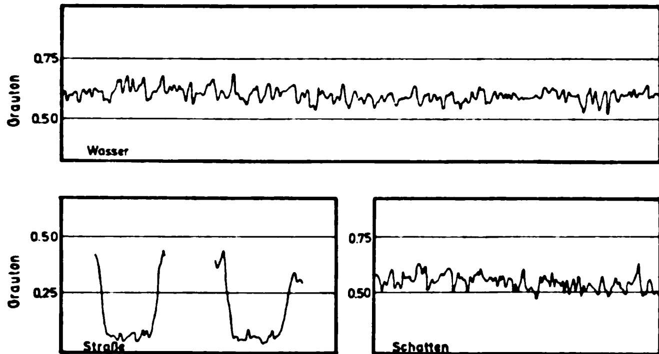


Abb. 4

### 5. Auswertung der mikrometrischen Densogramme

Die Auswertung dieser Densogramme, nämlich ihre Digitalisierung, erfolgte zweckmäßigerweise mit Hilfe ihrer drei statistischen Größen:

a) das arithmetische Mittel der Grautonvariationen ($\overline{H}$), das man auch als den Dunkelheitsgrad der photographischen Textur entlang einer Meßlinie bezeichnen könnte;

b) die mittlere quadratische Abweichung vom arithmetischen Mittel des Grautons ($\overline{\Delta H}$), die die Kontrastunterschiede der Textur oder Glattheit kennzeichnet;

c) die mittlere Ortsfrequenz der Grautonvariationen ($\overline{F}$), die größer waren als 0.15 Grautoneinheiten, die als Maß für die Feinheit der Textur gilt.

Für sich allein ermöglichte keiner der obengenannten Parameter die vollständige Trennung der aufgezählten Objekte.

Das arithmetische Mittel[2]) ist zur Differenzierung der Verkehrsflächen (Waldwege und Straßen) von allen anderen Objekten der entscheidende und allein genügende Parameter. Auf den untersuchten Luftbildern zeigen auch die Texturen von Buchen- und Fichtenbeständen unterschiedliche Dunkelheitsgrade und damit differenzierte arithmetische Mittel. Die Waldkulturen lassen sich ebenfalls durch das arithmetische Mittel der Grautonvariationen von ungepflügten Äckern trennen. Bei verschieden alten Buchen- und Fichtenbeständen hat es aber keinen differenzierten Wert mehr. Es ist auch kaum möglich, frisch gepflügte Äcker, Wasserflächen und Fichtenbestände allein durch das arithmetische Mittel zu trennen (s. Tab. 1, Sp. 5).

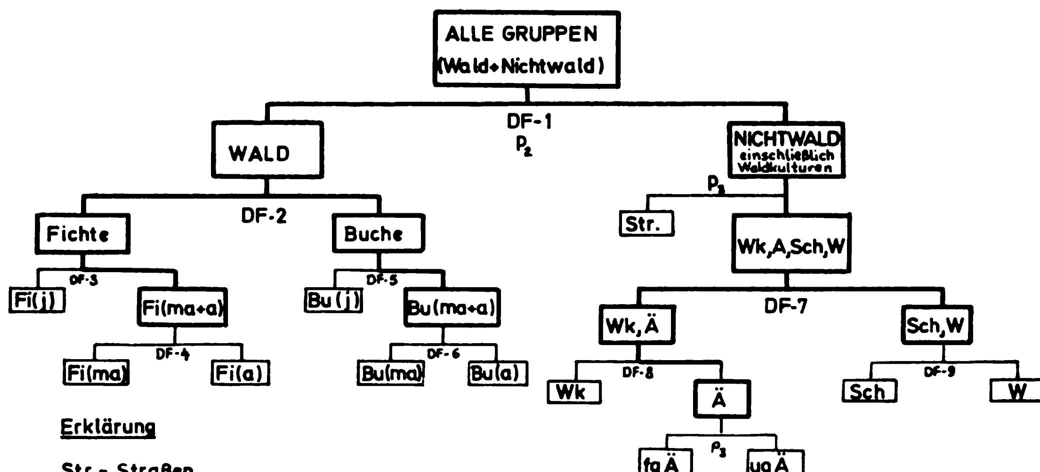
Die mittlere quadratische Abweichung der Grautonvariationen lieferte eine deutliche Unterscheidung der Waldflächen von allen anderen Objekten, da der Umfang der Grautonvariationen bei ersteren deutlich größer war, wobei die Buchenbestände die größte Variation aufweisen. Hier ist eine Altersabhängigkeit festzustellen; je älter die Buchenbestände sind, desto größer wird die mittlere quadratische Abweichung, d. h., daß sie mit zunehmendem Alter auf dem Bild kontrastreicher erscheinen. Die Altersabhängigkeit bei Fichten läßt sich andeutungsweise in umgekehrter Richtung als bei den Buchen erkennen (s. Tab. 1, Sp. 4).

Die mittlere Ortsfrequenz der Grautonvariationen ermöglichte auch eine recht deutliche Differenzierung der Waldbestände von allen anderen Objekten. Die größeren Werte bei diesen scheinen mehr oder weniger eng mit dem Alter korreliert zu sein. Aufgrund des zunehmenden Feinheitsgrades jüngerer Bestände wird die Ortsfrequenz größer. Bei der Unterscheidung von Fichten- und Buchenbeständen hat aber die mittlere Ortsfrequenz nur geringe Bedeutung (s. Tab. 1, Sp. 3).

2) Es sei daran erinnert, daß sich alle folgenden Aussagen und Feststellungen auf das untersuchte Luftbildmaterial beziehen, wobei manche Aussagen auch für andere Schwarz-Weiss-Luftbildmaterialien durchaus zutreffend sein können.

**Tabelle 1**
**Die drei statistischen Größen der Mikrodensogramme**

| Objekt | Nr. | mittlere Frequenz ($\overline{F}$) | mittlere quadratische Abweichung ($\overline{\Delta H}$) | das arith. Mittel ($\overline{H}$) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Buche (jung) | 1 | 3.7 | 0.14 | 0.48 |
| | 2 | 3.0 | 0.12 | 0.42 |
| | 3 | 2.8 | 0.12 | 0.37 |
| | 4 | 3.1 | 0.12 | 0.43 |
| | 5 | 3.8 | 0.11 | 0.38 |
| Buche (mittel) | 1 | 3.8 | 0.11 | 0.49 |
| | 2 | 3.8 | 0.13 | 0.42 |
| | 3 | 3.7 | 0.12 | 0.47 |
| | 4 | 3.1 | 0.14 | 0.48 |
| | 5 | 3.3 | 0.13 | 0.51 |
| Buche (alt) | 1 | 2.0 | 0.17 | 0.49 |
| | 2 | 2.6 | 0.14 | 0.50 |
| | 3 | 2.8 | 0.13 | 0.42 |
| | 4 | 3.4 | 0.13 | 0.39 |
| | 5 | 2.4 | 0.15 | 0.53 |
| Fichte (jung) | 1 | 3.3 | 0.10 | 0.58 |
| | 2 | 3.0 | 0.12 | 0.52 |
| | 3 | 3.5 | 0.11 | 0.54 |
| | 4 | 2.6 | 0.13 | 0.58 |
| | 5 | 2.9 | 0.10 | 0.54 |
| Fichte (mittel) | 1 | 2.3 | 0.10 | 0.55 |
| | 2 | 2.5 | 0.10 | 0.54 |
| | 3 | 2.4 | 0.10 | 0.55 |
| | 4 | 1.6 | 0.09 | 0.62 |
| | 5 | 1.5 | 0.09 | 0.61 |
| Fichte (alt) | 1 | 2.3 | 0.12 | 0.55 |
| | 2 | 2.0 | 0.10 | 0.54 |
| | 3 | 1.8 | 0.08 | 0.52 |
| | 4 | 2.5 | 0.11 | 0.56 |
| | 5 | 1.4 | 0.08 | 0.61 |
| Waldkulturen | 1 | 1.7 | 0.05 | 0.31 |
| | 2 | 1.2 | 0.05 | 0.35 |
| | 3 | 2.5 | 0.06 | 0.32 |
| | 4 | 1.8 | 0.06 | 0.30 |
| | 5 | 2.5 | 0.06 | 0.38 |
| Acker (frisch gepfl.) | 1 | 1.5 | 0.04 | 0.47 |
| | 2 | 1.0 | 0.04 | 0.48 |
| | 3 | 1.2 | 0.05 | 0.48 |
| | 4 | 1.2 | 0.04 | 0.51 |
| | 5 | 0.8 | 0.04 | 0.41 |
| Acker (ungepfl.) | 1 | 0.0 | 0.03 | 0.23 |
| | 2 | 0.3 | 0.03 | 0.26 |
| | 3 | 0.4 | 0.04 | 0.25 |
| | 4 | 0.0 | 0.03 | 0.23 |
| | 5 | 0.1 | 0.03 | 0.28 |
| Straßen | 1 | 0.0 | 0.02 | 0.11 |
| | 2 | 0.0 | 0.01 | 0.11 |
| | 3 | 0.0 | 0.03 | 0.11 |
| | 4 | 0.0 | 0.02 | 0.08 |
| | 5 | 0.0 | 0.03 | 0.13 |
| Wasser | 1 | 0.5 | 0.03 | 0.59 |
| | 2 | 0.3 | 0.04 | 0.59 |
| | 3 | 0.7 | 0.05 | 0.58 |
| | 4 | 0.8 | 0.05 | 0.50 |
| | 5 | 0.9 | 0.05 | 0.49 |
| Schatten | 1 | 1.4 | 0.04 | 0.62 |
| | 2 | 1.0 | 0.04 | 0.51 |
| | 3 | 0.7 | 0.05 | 0.57 |
| | 4 | 0.9 | 0.06 | 0.56 |




**Erklärung**

Str = Straßen
Wk = Waldkulturen
Ä = Äcker ( fg = frisch gepflügt )
( ug = ungepflügt )
Sch = Schatten
W = Wasser

j = jung
ma = mittelalt
a = alt

Abb. 5

### 6. Kombination der drei statistischen Größen (die Texturparameter) durch Diskriminanzanalyse

Die bisherigen Untersuchungen und auch unsere eigene zeigten, daß eine vollständige Unterscheidung photographischer Abbildungen auf Schwarz-Weiß-Luftbildern durch einen einzigen Parameter kaum möglich ist. Zur Sicherung eines vollständigen Differenzierungserfolges darf nicht nur einer von den obengenannten Parametern allein, sondern es müssen alle drei zur Beschreibung der photographischen Abbildung bzw. Textur herangezogen werden. Dadurch erwächst die Aufgabe, diese drei Parameter in möglichst günstiger Weise zu einem neuen Maß zu kombinieren. Das ist mit Hilfe des in der Statistik bekannten Trennverfahrens (Diskriminanzanalyse)[3]) zu verwirklichen. Das neue Maß, auch Rechenmaß genannt, ist:

$$P = b_1 \cdot p_1 + b_2 \cdot p_2 + b_3 \cdot p_3$$

wobei ($b_i$) aus den vorhandenen Parametern ($p_i$) [4]) durch die Diskriminanzanalyse berechnet werden muß.

Aus den drei Parametern der analysierten Densogramme ist für jedes einzelne Objekt (Element) das Rechenmaß zu bestimmen, nachdem aufgrund der Parameter zweier Gruppen die Diskriminanzfunktion aufgestellt wurde. Beim gruppenweisen Vergleich bestimmt man von den Gruppenmittelwerten der Rechenmaße ausgehend den Grenzwert (G) zwischen zwei Gruppen ($G = \frac{1}{2}(P^1 + P^2)$). Die Rechenmaßwerte, die unter dem Grenzwert liegen, sind zur Gruppe mit dem kleineren, und die, die über dem Grenzwert liegen, zur Gruppe mit dem größeren Rechenmaßmittelwert zuzuordnen.

Die Auswertung der Versuchsobjekte dieser Untersuchung (vgl. Abschnitt 3) erfolgte durch die oben kurz geschilderte, stufenweise Trennung aller Gruppen bis zur Identifizierung einzelner Elemente, d. h., daß die Trennung in nacheinander folgenden Schritten bei allen Gruppen anfangend bis hinunter zu den einzelnen Elementen, und durch paarweisen Vergleich vorgenommen wurde. Bei jedem Vergleich ist jedes Element einer der verglichenen Gruppen zuzuordnen. Die Schematik dieser Trennung ist in Abb. 5 dargestellt und die aufgestellten Diskriminanzfunktionen mit den jeweils gelieferten Richtigkeitsprozenten der Trennung werden in Tabelle 2 wiedergegeben. Die wichtigsten Einzelheiten dieser Trennvorgänge sind:

Die Waldflächen lassen sich von den Nichtwaldflächen sowohl durch einen Parameter (mittlere quadratische Abweichung der Grautonvariationen) als auch durch Diskriminanzanalyse 100%ig trennen. Ob die eindeutige Trennung durch die mittlere quadratische Abweichung auch beim Hinzutreten anderer in dieser Arbeit nicht berücksichtigter Objekte — wie z. B. Wohngebiete — gelungen wäre, ist fraglich.

Bei der Trennung von Fichten- und Buchenbeständen erhöhte sich das allein mit Hilfe des mittleren Grautons erreichte Richtigkeitsprozent von 93,3 % bei Anwendung der Diskriminanzanalyse auf 96,7 %. Die hohe Trennbarkeit des mittleren Grautons ist auf die günstige Beschaffenheit der verwendeten Herbstaufnahmen zurückzuführen.

Junge Fichtenbestände lassen sich sowohl durch die Frequenz der Grautonvariationen als auch mit der Diskriminanzanalyse 100%ig von mittelalten und alten trennen. Bei einem größeren Stichprobenumfang ist möglicherweise keine hundertprozentige Trennung durch einen einzigen Parameter zu erreichen. Die Trennung mittelalter und alter Fichtenbestände durch Diskriminanzanalyse erreichte nur 80 %. Auch dieses Ergebnis kann noch als Erfolg bezeichnet werden, besonders, wenn man bedenkt, daß diese Bestände oft Übergangsformen aufweisen und sich auch in der Natur nicht eindeutig klassifizieren lassen.

Junge Buchenbestände lassen sich von mittelalten und alten zu 87 % und die mittelalten von alten zu 90 % voneinander trennen, obwohl keiner der drei Parameter allein eine ausreichende Differenzierung dieser Gruppen ermöglichte. Bei diesen Trennvorgängen kam der mittleren quadratischen Abweichung der Grautonvariationen größte Bedeutung zu.

Die Trennung der Verkehrsflächen von anderen Objekten in der Gruppe der Nichtwaldflächen erfolgte ausschließlich über das arithmetische Mittel der Grautonvariationen.

Die Kombination der drei Parameter brachte bei der Trennung der Waldkulturen und Äcker von Wasser- und Schattenflächen keine Verbesserung; schon mit dem arithmetischen Mittel der Grautonvariationen allein erreichte man eine 95,8%ige Trennung, mit der Diskriminanzanalyse dagegen nur eine 87,5%ige. Hier erwies sich die Diskriminanzanalyse als ungeeignet. Dagegen lieferte die Diskriminanzfunktion eine 100%ige Trennung der Äcker und Waldkulturen, obwohl keiner der drei Parameter für sich eine vollständige Differenzierung beider Gruppen ermöglichte.

Die Trennung von Wasser- und Schattenflächen erwies sich als kaum möglich, was auf ihre einander sehr ähnlichen und texturlosen Erscheinungen auf dem Luftbild zurückzuführen ist.

### Zusammenfassung

Es wird versucht, auf panchromatischen Schwarz-Weiß-Herbstaufnahmen die photographischen Texturen verschiedener Objekte — junge, mittelalte und alte Fichten- und Buchenbestände, Wald-

[3]) Linder, 1960; Weber, 1957.

[4]) $p_1 = \overline{F}$, $p_2 = \overline{\Delta H}$, $p_3 = \overline{H}$.

**Tabelle 2**

| zu trennende Objekte bzw. Objektgruppen | Trennung erfolgte durch Diskriminanzanalyse | durch p | Richtigkeitsprozent der Trennung durch DF % | durch p % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Waldflächen<br>2. Nichtwaldflächen einschl. Waldkulturen | DF-1<br>$P = 29.20\ p_1 + 89.17\ p_2 + p_3$ | $p_2$ | 100 | 100 |
| 1. Fichtenbestände<br>2. Buchenbestände | DF-2<br>$P = 54.79\ p_1 + 20.65\ p_2 - p_3$ | $p_3$ | 96.7 | 93.3 |
| 1. junge Fichtenbestände<br>2. mittelalte und alte Fichtenbestände | DF-3<br>$P = 30.26\ p_1 + 6.67\ p_2 + p_3$ | $p_1$ | 100 | 100 |
| 1. mittelalte Fichtenbestände<br>2. alte Fichtenbestände | DF-4<br>$P = 11.66\ p_1 - 2.37\ p_2 + p_3$ | — | 80 | — |
| 1. junge Buchenbestände<br>2. mittelalte und alte Buchenbestände | DF-5<br>$P = 8.91\ p_1 + 18.65\ p_2 + p_3$ | — | 87 | — |
| 1. mittelalte Buchenbestände<br>2. alte Buchenbestände | DF-6<br>$P = 6.17\ p_1 - 26.58\ p_2 + p_3$ | — | 90 | — |
| 1. Straßen<br>2. Nichtwaldflächen außer Straßen | — | $p_3$ | — | 100 |
| 1. Waldkulturen und Äcker<br>2. Wasser- und Schattenflächen | DF-7<br>$P = 13.70\ p_1 - 6.22\ p_2 - p_3$ | $p_3$ | 87.5 | 95.8 |
| 1. Waldkulturen<br>2. Äcker | DF-8<br>$P = 12.33\ p_1 + 9.66\ p_2 + p_3$ | — | 100 | — |
| 1. frisch gepflügte Äcker<br>2. ungepflügte Äcker | — | $p_3$ | — | 100 |
| 1. Wasserflächen<br>2. Schatten | DF-9<br>$P = 3927\ p_1 + 641.54\ p_2 - p_3$ | — | 67 | — |

kulturen, Äcker, Wasser- und Verkehrsflächen — durch die photographischen Dichtemessungen am Mikrodensitometer quantitativ zu erfassen und mit Hilfe des in der Statistik bekannten Trennverfahrens (Diskriminanzanalyse) die Unterscheidung und Identifizierung oben genannter Objekte zu erreichen. Für die zukünftige maschinelle Interpretation des Luftbildes scheinen die photographischen Dichtemessungen am Mikrodensitometer aufgrund der vorgelegten Ergebnisse, obwohl sie zunächst nur für beschränkte Bedingungen gültig sind, Erfolgsaussichten zu versprechen.


### Summary

Title of the paper: *The use of quantitative measures of photographical texture on black-and-white aerial photographs for identifying certain objects.*

Photogrammetric textures of different objects (such as: young, middle-aged and old forest stands of Norway spruce and European beech, forest cultures, fields, water- and traffic areas) were quantified by measurements of photographic density with a microdensitometer in order to differentiate and identify these land use patterns with aid of discriminant analysis. For a future mechanical photo interpretation these photographic microdensitometer measurements could offer advantageous possibilities, although the obtained previous results for the present are only good for limited conditions.

### Résumé

Titre de l'article: *L'utilisation de caractéristiques quantitativement exprimables de la texture photographique de clichés aériens en noir et blanc en vue de l'identification de certains objets.*

Sur des clichés panchromatiques noir et blanc pris à l'automne, on a essayé de déterminer la texture photographique de différents objets: peuplements d'épicéa et de hêtre de différents âges, plantations forestières, terrains de culture, étendues d'eau, voies de communication; la différenciation et l'identification de ces différents «objets» fut obtenu par détermination quantitative de la densité optique au microdensitomètre et en ayant recours aux méthodes d'analyse statistiques (analyse discriminante).

D'après les résultats qui viennent d'être exposés et bien que ceux-ci ne soient encore valables que dans des conditions bien délimitées, la mesure au microdensitomètre de la densité optique des photographies aériennes semble devoir permettre de les interpréter automatiquement à l'avenir.

J. M.


### Schrifttum


Baumberger, K.: Klassifikation von landwirtschaftlichen Kulturen auf Farb- und Schwarz-Weißluftbildern mit Hilfe von Densitometermessungen und Computer. Diss. Univ. Zürich 1969. — DiPentima, A. F.: Automation in photo interpretation. Presented at XI international congress for photogrammetry Lausanne, 1968. — Doverspike, G. E., Flynn, F. M. und Heller, R. C.: Microdensitometer applied to land use classification. PE 1965, S. 294 - 306. — Hawkins, I. K. und Munsey, C. I.: Automatic photo reading. PE 1963, S. 632 - 640. — Kilchenmann, A.: Klassifikation von landwirtschaftlichen Kulturen auf panchromatischen, Farb- und „False Color" - Luftbildern mit Hilfe von Densitometermessungen und Computer. Mitt. Geogr. Inst. d. Univ. Zürich 1965. — Langley, P. G.: Automatic aerial photo-interpretation in forestry - How it works and what it will do for you. Proc. Soc. Amer. For. 1965, S. 172 - 177. — Linder, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. Stuttgart, 1960. — Maurer, H.: Untersuchungen zur Unterscheidbarkeit landwirtschaftlicher Kulturen im farbigen Luftbild. Diss. Univ. Zürich, 1965. — Murray, A. E.: Perception applications in photo interpretation. PE 1961, S. 627 - 637. —

Nakajima, I. und Hasegawa, K.: A study on photo density measurement of some forest types. Bulletin of the Government Forest Experiment Station, Nr. 141 Tokyo 1962, S. 31 - 49. — Nakajima, I.: Photo densit measurement of some forest types. Journal of the Japan Society of Photogrammetry, Special Vol. Nr. 1, 1964, S. 35 - 42. — Ray, R. G. und Fischer, W. A.: Quantitative photography a geologic research tool. PE 1960 , S. 143 - 150. Rosenfeld, A.: Automatic recognition of basic terrain types from aerial photographs. PE 1962 a, S. 115 - 132. — Rosenfeld, A.: Automatic recognition techniques to high - information pictorial inputs. Proc. IRE Int. Conv. Rec. New York 1962 b, S. 114 - 123. — Rosenfeld, A.: An approach to automatic photographic interpretation. PE 1962 c, S. 660 - 665. — Rosenfeld, A.: Automatic imagery interpretation. PE 1965, S. 240 - 242. — Steiner, D. und Haefner, H.: Tone distortion for automated interpretation. PE 1965, S. 269 - 280. — Steiner, D., Maurer, H. und Kilchenmann, A.: Quantitative Auswertung von Luftbildern zur Identifizierung landwirtschaftlicher Kulturen. BuL 1966, Heft 2, S. 47 - 56. — Weber, E.: Grundriß der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler, Landwirte und Mediziner. Jena 1957. — Wolff, G.: Über Einsatzmöglichkeiten der Photometrie bei der Automatisierung der forstlichen Luftbildinterpretation. Arch. Forstwes., Bd. 18, 1969, H. 6, S. 669 - 684.

# Buchbesprechung und Notiz

## BUCHBESPRECHUNG

**Der kombinierte land- und forstwirtschaftliche Anbau.** Von H. Hesmer. **II. Tropisches und subtropisches Asien.** Band 17 der Wissenschaftlichen Schriftenreihe des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit. 219 Seiten mit 40 Abbildungen und 4 Farbbildtafeln. Engl. brosch. 3,— (Best.-Nr. 90 373).

Nach Afrika (1966) beschreibt Professor Hesmer jetzt in einem zweiten Bändchen den kombinierten land- und forstwirtschaftlichen Anbau im tropischen und subtropischen Asien. Wie das erste zeichnet sich auch das vorliegende durch eine Fülle von wertvollen, z. B. bis in Einzelheiten gehende Informationen aus. Die bewährte Gliederung in zwei Hauptabschnitte wurde beibehalten. Im ersten Teil skizziert der Verfasser ein allgemeines Bild der Standorts- und Bevölkerungsverhältnisse, des Landbaus und der Ernährungslage, sowie der Bewaldung und Waldbehandlung im südasiatischen Raum, wobei sich ergibt, daß die klimatischen und edaphischen Voraussetzungen — mit Ausnahme der niederschlagsarmen Teile des indischen Subkontinentes — für die Bodennutzung günstiger sind als in den afrikanischen oder amerikanischen Tropen. Gewaltige Probleme erwachsen jedoch aus den bereits hohen Bevölkerungszahlen und der Bevölkerungszunahme, die im behandelten Raum die absolut höchsten Werte der Erde erreicht.

Über 50 Millionen Menschen leben vom Brandrodungsfeldbau (= "shifting"), rd. $^{1}/_{3}$ des genutzten Bodens wird mit diesem primitiven System bewirtschaftet. Aus diesen und anderen Gründen sind die landwirtschaftlichen Erträge gering und ist die Ernährungslage in Südasien schlecht (92 % der Bevölkerung sind unterernährt!).

Shifting wird praktisch in allen südasiatischen Waldtypen, die ebenfalls kurz beschrieben werden, getrieben. Die in vieler Hinsicht ganz besondere Stellung der Dipterocarpwälder, für die es in den afrikanischen und amerikanischen Tropen keine Entsprechung gibt, wird hervorgehoben. Wie überall führt auch in Südasien der Brandrodungsfeldbau zu Waldvernichtungen größten Ausmaßes und in vielen Fällen zu schwer oder nicht mehr zu behebenden Bodenverschlechterungen. Hesmer kommt zum Schluß, daß viele der durch die unbefriedigende Ernährungslage, die auf roher Exploitation beruhende Holzwirtschaft, die meistenorts wenig entwickelte Forstwirtschaft, vor allem aber durch die zunehmende Bedrohung der Landeskultur durch den Brandrodungsfeldbau verursachten Probleme mit Hilfe des kombinierten land- und forstwirtschaftlichen Ausbaus gelöst, zumindest aber gemildert werden könnten.

Dieses Verfahren, das in Asien entwickelt und unter dem Namen „TAUNGYA" weltweit bekannt wurde, behandelt der Verfasser im zweiten Abschnitt, der die Begriffsumschreibung, ein Kapitel über Voraussetzungen und Vorteile des kombinierten Anbaus, sowie Rechte und Pflichten der Beteiligten enthält. Weiter werden skizziert, historische Entwicklung und gegenwärtiger Stand des Verfahrens, von dem heute bereits zahlreiche Varianten bestehen. Bei der Beschreibung der verwendeten Baumarten nimmt Teak, die klassische Taungyaart den breitesten Raum ein. Weitere rund 20 Arten bzw. Gattungen werden kurz angeführt. Die Zahl der mitangebauten Landwirtschaftsgewächse ist sehr hoch, die wichtigsten werden jedoch kurz beschrieben.

Dieser zweite Abschnitt wird abgerundet durch eine Beschreibung kombinierter Anbauten in Burma, Indien, Ceylon, Pakistan, Thailand, Kambodscha, Westmalaysia, Neuguinea, Indonesien und Japan, die der Verfasser aus eigener Anschauung kennengelernt hat. Sie belegen eindrücklich, daß der kombinierte Anbau u. U. zu einer wesentlichen Grundlage und zu einem starken Motor der Weiterentwicklung tropischer Volkswirtschaften werden kann. Die Forderung Hesmers, den kombinierten Anbau vermehrt in regionale landwirtschaftliche bzw. forstliche Entwicklungsvorhaben einzubeziehen, ergibt sich als logische Konsequenz aus dieser Erkenntnis und verdient uneingeschränkte Unterstützung. Die vorliegende Schrift sei daher allen mit diesbezüglichen Problemen und Projekten befaßten Stellen und Experten nachdrücklich empfohlen.

H. Lamprecht

## NOTIZ

**Prof. Dr. R. Schober 65 Jahre**

Am 15. 2. 1971 vollendet Herr Prof. Dr. Reinhard Schober, der Ordinarius für Forsteinrichtung und forstliche Ertragskunde der Universität Göttingen sein 65. Lebensjahr.

Wir haben über die erfolgreiche Tätigkeit von Herrn Prof. Dr. Schober schon anläßlich seines 60. Geburtstages in dieser Zeitschrift berichtet. Inzwischen sind eine Reihe interessanter und schöner Arbeiten auf dem Gebiet der forstlichen Ertragskunde und Provenienzforschung von ihm erschienen und eine große Monographie über das Wachstum der Buche in Norddeutschland steht kurz vor der Vollendung. Als Herausgeber der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung hat er sich um das wissenschaftliche Niveau und eine praxisnahe Darstellung stets besonders bemüht.

Wir wünschen dem Jubilar weiterhin Frische, Gesundheit und Erfolg in seiner wissenschaftlichen Arbeit und auf seinem weiteren Lebensweg.

G. Mitscherlich

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 25 08. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG




INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



142. JAHRGANG 1971 HEFT 3 MÄRZ

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE
FORST UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 38 04, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 3 des 142. Jahrganges sind:**

Oberforstmeister Josef Richter, Gemeindeforstamt 5778 Meschede

Landforstmeister a. D. K. Hausser, 745 Hechingen, Silberburgstraße 36

**Die Buchbesprechungen und Notizen erfolgten von:**

Dr. Zlatko Gračanin, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17, Institut für Bodenkunde

Professor Dr. Wolfgang Knigge, Institut für Forstbenutzung der Universität Göttingen, 34 Göttingen, Büsgenweg 5

Professor Dr. E. Oberdorfer, 75 Karlsruhe, Erbprinzenstr. 13

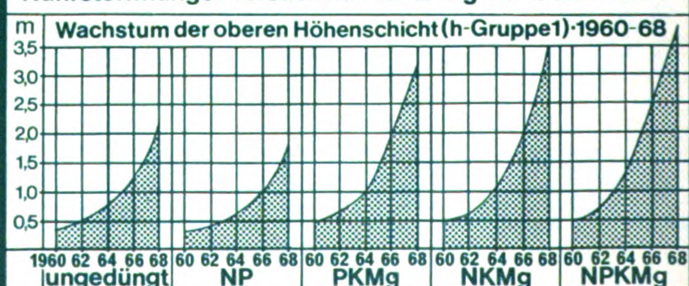
Professor Dr. H. Schmidt-Vogt, 78 Freiburg, Bertoldstraße 17

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.





# Das Umsetzen von Douglasien im Kulturstadium

(Mit 2 Abbildungen und 5 Tabellen)

Von Josef Richter

## 1. Einleitung

Wegen der zunehmenden Schwierigkeit, Schwachholz noch zu Preisen abzusetzen, die wenigstens die Werbungskosten decken, wird heute allgemein ein Übergang zu weiteren Pflanzverbänden angestrebt, um dadurch die Schwachholzstufe nach Möglichkeit gleich zu überspringen. Die Verbandserweiterung findet dort ihre Grenze, wo sie zu Minderungen im Wertertrag führt, die über die Kosteneinsparungen hinausgehen. Diese Grenze wäre, abgestuft nach Standorten, relativ leicht zu finden, wenn alle auf die Kulturfläche gebrachten Pflanzen von gleicher Wuchskraft wären. Leider ist das aber nicht der Fall. Vielmehr streuen in jeder Pflanzung die Wuchsleistungen mehr oder weniger stark um einen Mittelwert. Bei Kulturen mit hoher Pflanzenzahl ist das ohne Bedeutung, da in der großen Gesamtmenge genügend gutwüchsige Pflanzen in hinreichend gleichmäßiger Verteilung vorhanden sind. Bei zu starker Reduzierung der Pflanzenzahl besteht dagegen die Gefahr, daß ein Teil der Fläche von geringwüchsigen Pflanzen bestanden ist, die ihren Wuchsraum nicht ausnutzen, wodurch Zuwachsverluste und ungleichmäßige Bestände entstehen.

Langner (2) weist darauf hin, daß sich „wegen der in den Waldbeständen vorherrschenden Befruchtungsverhältnisse natürliche Populationen in Gruppen miteinander verwandter Individuen gliedern. Durch deren Paarung entstehen bei unseren fremdbefruchtenden Holzarten je nach dem Grad der Verwandtschaft Nachkommen mit Formen von mehr oder weniger herabgesetzter Wüchsigkeit". Nun könnte man diese genetische Variabilität dadurch berücksichtigen, daß man Pflanzen von geringer Wuchskraft von vornherein aussortiert und die verbleibenden wüchsigeren Pflanzen in weiteren Verbänden pflanzt. Leider wissen wir aber noch kaum etwas darüber, wie man künftige Wuchsleistungen mit einiger Wahrscheinlichkeit aus dem Zustand drei- bis fünfjähriger Verschulpflanzen vorhersagen kann. Bei einer Kiefern-Versuchspflanzung fand Schmidt-Vogt (3), daß 1/2 Kiefern, die nach 5 Größenklassen sortiert waren, in den ersten 7 Jahren nach der Pflanzung ein um so stärkeres Höhenwachstum zeigten, je größer ihre Ausgangshöhe (im Alter 1/2) war.

Ein Holzart, die sich, wenigstens bei uns im Sauerland, besonders stark im Höhenwuchs differenziert, ist die Douglasie. Sie erscheint daher für Untersuchungen der Abhängigkeit des Höhenzuwachses von der Ausgangsgröße und des Ausmaßes des Umsetzens in den Jahren bis zum Dickungsschluß besonders geeignet.

## 2. Höhenzuwachsmessungen in Eversberg 21 c.

Eine gute Möglichkeit, den Höhenzuwachs der Douglasie im Kulturstadium zu verfolgen, bot ein 1967 im Stadtwald Eversberg, U-Abtlg. 21 c, angelegter Düngungsversuch. Schon nach einem Jahr zeigte sich, daß der sehr geringe Düngungseffekt (Thomasmehl, Kalkammonsalpeter und Nitrophoska) durch die viel größeren Unterschiede überlagert wurde, die offensichtlich von der Ausgangsgröße der Pflanzen zum Zeitpunkt der Düngung herrührten. Nach 4 Jahren sind die Unterschiede zwischen gedüngten und ungedüngten Pflanzen nahezu völlig nivelliert. Wie weit der Mißerfolg der Düngung auf eine ungenügende Versuchsanordnung (die für die Erfassung feiner Unterschiede nicht ausreichte) und/oder auf den Standort zurückzuführen ist, kann hier außer Betracht bleiben. Er hat den Vorteil, daß die Meßergebnisse zu einer Untersuchung der Abhängigkeit des Höhenzuwachses von der Ausgangsgröße zu Beginn des Versuchs genutzt werden konnten.

### 2.1. *Standort*

Die U-Abtlg. 21 c des Stadtwaldes Eversberg liegt 370 bis 400 m über NN hoch in einem nach SO verlaufenden flachen Tälchen am S-Rand des Arnsberger Waldes. Sie nimmt die SW-Flanke des Tälchens ein, ist selbst also nach NO geneigt. Die Neigung liegt zwischen 12 % und 18 %.

Grundgestein sind teils grauwackenreiche Tonschiefer, teils pleistozäne Hanglehme. Der Boden besteht aus steinigem, schluffreichen Lehm und besitzt eine Gründigkeit von mindestens 1 m. Er ist von geringer bis mittlerer Basensättigung und weist ein Braunerdeprofil auf, das im Unterboden teilweise pseudovergleyt ist. Die Bodenflora setzt sich in der Hauptsache aus Himbeere, Brombeere, Fuchskreuzkraut und Weidenröschen zusammen. Der Vorbestand war Fichte.

Der Jahresniederschlag liegt bei rd. 950 mm, die mittlere Jahrestemperatur bei etwa 7° C.

### 2.2. *Untersuchungsobjekt*

Der Düngungsversuch wurde im Frühjahr 1967 in einer im Frühjahr 1965 gepflanzten Fi-Dou-Kultur angelegt. Sowohl Fi wie auch Dou waren in der Sortierung 2/2 25/50 gepflanzt. Die Mischung war reihenweise erfolgt. Jede 4. Reihe war eine Dou-Reihe. Pflanzverband 1,7 m mal 1,3 m. Herkunft der Douglasie: Tenino/Washington.

### 2.3. *Methode*

Für den Düngungsversuch wurden drei Streifen von je vier Douglasreihen ausgewählt. Jeder Streifen und jede Reihe erhielten eine Nummer. In jeder Reihe wurden die Pflanzen von 1 an laufend durchnumeriert. In der Reihe wurde zur Kontrolle bei jeder 10., 20., 30. usw. Pflanze ein Pfählchen geschlagen. Damit war jede Pflanze durch 3 Ziffern gekennzeichnet (Nummer des Streifens, Nummer der Reihe und Nummer der Pflanze in der Reihe). Die Höhenwerte, die vor der Düngung und seit der Düngung am Ende jeder Vegetationszeit gemessen wurden, konnten so für jede Pflanze einzeln festgehalten werden. Nach Abschluß der Vegetationsperiode 1970 stehen nun die Zuwachswerte für 4 Jahre zur Verfügung.

Insgesamt wurden in den Düngungsversuch 404 Douglaspflanzen einbezogen. Da der dritte Streifen (80 Pflanzen) noch eine leichte Düngungswirkung (bei NPK) erkennen läßt, wurde er bei der nachstehenden Untersuchung des Höhenwachstums nicht berücksichtigt, so daß die Gesamtzahl der hier herangezogenen Pflanzen 324 beträgt.

### 2.4. *Die Höhenentwicklung*

In der nachstehend erläuterten Untersuchung sind die Höhen aus dem Frühjahr 1967 ($h_{67}$) mit denen aus dem Herbst 1970 ($h_{71}$) verglichen.

#### 2.4.1. Die Entwicklung der Mittelhöhe

In Tabelle 1 sind die Mittelhöhen $h_{67}$ und $h_{71}$ der gesamten in die Untersuchung einbezogenen Pflanzenmenge gegenübergestellt:

Tabelle 1

| Jahr | Zahl | h cm | $s_h$ cm |
|---|---|---|---|
| 67 | 324 | 47,18 | 20,40 |
| 71 | 291 | 208,20 | 70,40 |

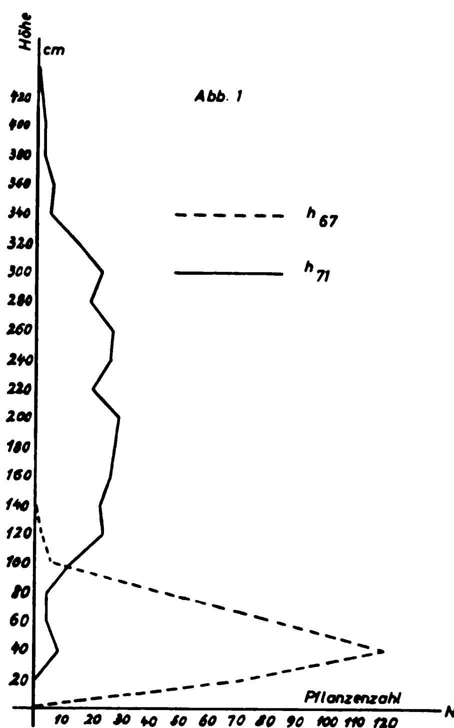


Abbildung 1

Während des 4jährigen Beobachtungszeitraumes sind 33 Pflanzen = 10,2 % ausgefallen. Es handelte sich überwiegend um von vornherein kümmernde Individuen. In einigen Fällen wurde das Absterben durch Mäusefraß verursacht.

Die schon 1967 bei den 6jährigen Pflanzen erkennbare Differenzierung im Höhenwachstum hat sich bis zum Alter 10 erheblich verstärkt. Noch deutlicher als in den Streuungswerten ($s_h$) der Tabelle 1 kommt dies in der graphischen Darstellung der Höhenverteilung in Abb. 1 zum Ausdruck.

### 2.4.2. Der Höhenzuwachs nach Gruppen verschiedener Ausgangsgröße

Zur Überprüfung der Frage, wie weit die Höhenzuwachsleistung der letzten 4 Jahre von der Ausgangsgröße abhängt, wurden die Pflanzen nach ihrer Ausgangshöhe (Frühjahr 1967) in die folgenden 5 Gruppen etwa gleicher Pflanzenzahl eingeteilt:

| Gruppe | Ausgangshöhe | Pflanzenzahl |
|---|---|---|
| 1 | bis 27 cm | 59 |
| 2 | von 28 cm bis 38 cm | 64 |
| 3 | von 39 cm bis 48 cm | 58 |
| 4 | von 49 cm bis 63 cm | 65 |
| 5 | von 64 cm an aufwärts | 78 |

#### 2.4.2.1. Der absolute Höhenzuwachs

In Tabelle 2 und Abb. 2 ist die Höhenentwicklung der 5 Gruppen im Untersuchungszeitraum dargestellt:

Tabelle 2

| Gruppe | $\bar{h}_{67}$ | $s_{\bar{h}}$ | $\bar{h}_{71}$ | $s_{\bar{h}}$ | $\bar{z}_{67-71}$ | $s_{\bar{z}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | cm | cm | cm | cm | cm |
| 1 | 21,0 | 0,62 | 122,5 | 1,56 | 104,6 | 1,56 |
| 2 | 33,8 | 0,40 | 156,5 | 1,52 | 123,2 | 1,56 |
| 3 | 43,2 | 0,39 | 200,4 | 1,52 | 160,4 | 1,45 |
| 4 | 55,0 | 0,52 | 247,2 | 1,27 | 193,8 | 1,27 |
| 5 | 77,3 | 1,22 | 298,2 | 1,24 | 223,4 | 1,11 |

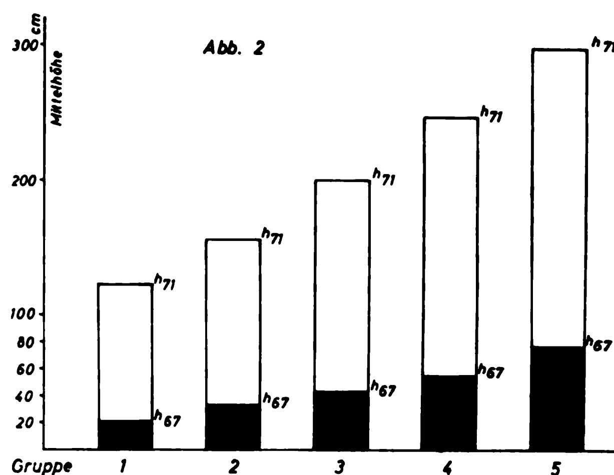


Abbildung 2

Die in der Tabelle aufgeführten Streuungswerte ($s_h$ bzw. $s_z$)) geben jeweils die Streuung des in der vorhergehenden Spalte angegebenen arithmetischen Mittels an.

Zwischen der Ausgangshöhe und dem Höhenzuwachs besteht ein deutlicher Zusammenhang: je größer die Ausgangshöhe, desto größer auch der Höhenzuwachs. Während die Differenz der Mittelhöhen zwischen der kleinsten (1) und größten (5) Gruppe im Alter 6 56,3 cm ausmachte, ist sie bis zum Alter 10 auf 118,8 cm angewachsen, hat sich also mehr als verdoppelt.

#### 2.4.2.2. Der relative Höhenzuwachs

Um überprüfen zu können, wie weit die einzelnen Pflanzen während der kontrollierten 4jährigen Zuwachsperiode ihre Rangordnung (= Gruppenzugehörigkeit) innerhalb der Gesamtmenge beibehalten oder geändert haben, wurden auch die 10jährigen Pflanzen ($h_{71}$) in 5 Gruppen etwa gleicher Pflanzenzahl geteilt. Für diese Gruppen ergaben sich die folgenden Grenzwerte:

| | | |
|---|---|---|
| Gruppe 1 | | bis 135 cm |
| Gruppe 2 | von 136 cm | bis 185 cm |
| Gruppe 3 | von 186 cm | bis 230 cm |
| Gruppe 4 | von 231 cm | bis 275 cm |
| Gruppe 5 | von 276 cm an aufwärts | |

Mit Hilfe dieser Gruppen läßt sich feststellen, wie weit die einzelnen Pflanzen in der Vierjahresperiode innerhalb ihrer Gruppe geblieben, auf oder abgestiegen sind. Das Ergebnis ist in Tabelle 3 dargestellt:

Tabelle 3

| Ausgangsgruppe | ausgefallen % | beschädigt % | nach 4 Jahren in Gruppe 1 % | 2 % | 3 % | 4 % | 5 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 19 | — | 50 | 42 | 6 | 2 | — |
| 2 | 5 | 5 | 39 | 35 | 16 | 10 | — |
| 3 | 9 | 3 | 6 | 31 | 39 | 16 | 8 |
| 4 | 8 | 7 | — | 11 | 22 | 42 | 25 |
| 5 | 7 | 4 | — | — | 5 | 23 | 72 |

Wie bereits erwähnt, sind 10,2 % der Pflanzen während des Beobachtungszeitraumes ausgefallen. Tabelle 3 zeigt, daß hiervon die Gruppe 1 fast dreimal so stark betroffen ist wie die höheren Gruppen. Darüberhinaus ist aus den Gruppen 2 bis 5 eine Reihe von Pflanzen durch Schälschäden im Wuchs gestört. Auch diese Pflanzen wurden bei der in Tabelle 3 dargestellten Berechnung außer Betracht gelassen. Der Vergleichbarkeit wegen beziehen sich die Prozentzahlen der letzten 5 Spalten der Tabelle 3 nicht auf

die Gesamtzahl der jeweiligen Ausgangsgruppe, sondern auf die Gesamtzahl abzüglich der ausgefallenen und beschädigten Pflanzen.

Zwischen 35 % (Gruppe 2) und 72 % (Gruppe 5) sind nach 4 Jahren noch in der gleichen Größengruppe. 23 % (Gruppe 5) bis 55 % (Gruppe 2) sind in die Nachbargruppen auf- oder abgestiegen. Über mehr als eine Gruppe hinweg haben sich 5 % (Gruppe 5) bis 14 % (Gruppe 3) bewegt. Die Erfassung dieser relativen Verschiebungen wird natürlich dadurch gestört, daß es für die Gruppe 1 keine Abstiegs- und für die Gruppe 5 keine Aufstiegsmöglichkeit gibt.

Interessant ist noch, daß der Prozentsatz der Absteiger von Gruppe 2 nach Gruppe 5 stetig abnimmt, während sich bei den Aufsteigern keine eindeutige Tendenz ablesen läßt. Der stärkste Austausch findet zwischen den Gruppen 1 und 2 statt: 42 % Aufsteigern von 1 nach 2 stehen 39 % Absteiger von 2 nach 1 gegenüber. Hier erhebt sich die Frage, ob unterschiedliche Startbedingungen im Verschulbeet sich besonders stark auf die schwächeren Pflanzen auswirken und in den ersten Jahren nach der Pflanzung korrigiert werden.

2.4.2.3. Ausmaß und Bedeutung des Umsetzens

Die Tatsache, daß bei der Einteilung 6jähriger Douglasie in 5 Größenklassen nach 4 Jahren nur 35 % bis 72 % in ihrer Klasse geblieben sind, bedeutet, daß ein gewisser Umsetzungsprozeß im Gange ist. Daß man die Wirkung dieses Umsetzens aber nicht überschätzen darf, zeigt die folgende Berechnung. Unterstellt man, daß durch vorheriges Aussortieren die Gruppen 1, bzw. 1 und 2, bzw. 1, 2 und 3 erst gar nicht gepflanzt worden wären, so hätte das auf die Mittelhöhe und ihre Streuung die in Tabelle 4 dargestellte Auswirkung:

Tabelle 4

| Gruppe | $h_{71}$ cm | $s_{h71}$ cm |
|---|---|---|
| 1 — 5 | 208,2 | 78,4 |
| 2 — 5 | 231 | 67,3 |
| 3 — 5 | 256 | 56,0 |
| 4 — 5 | 278 | 45,1 |

Hätte man durch vorheriges Aussortieren die Gruppen 1 und 2 erst gar nicht gepflanzt, so wäre die Mittelhöhe um etwa 25 % (rd. 48 cm) größer und die Streuung um 30 % (rd. 22 cm) geringer. Der Bestand wäre also höher und gleichmäßiger. Nach einer Aussortierung des schwächsten Drittels (die Gruppen 1 und 2 machen hier 38,6 % der Pflanzenzahl im Alter 6 aus) könnte daher ohne Bedenken in weiteren Verbänden gepflanzt werden.

Hier erhebt sich allerdings die Frage, ob ein Zeitraum von 4 Jahren für die Beurteilung der Bedeutung des Umsetzens nicht zu kurz ist. Beim Versuch, diese Frage zu beantworten, müssen zwei Dinge auseinander gehalten werden:

a) Das positive Umsetzen, d. h. der Aufstieg in eine höhere Klasse. Es ist durchaus möglich, daß in den Gruppen 1 und 2 Spätentwickler sind, die im vorgerückten Alter zu Wuchsleistungen fähig sind, die sie erheblich über ihre jetzige Rangordnung hinausheben würden. Diese Pflanzen haben aber im gleichaltrigen Bestand praktisch keine Chance, ihr Wuchsvermögen noch zur Geltung zu bringen. Bei einer Mittelhöhe von 208 cm steht, abgesehen von sehr weiten Verbänden, der Eintritt des Dickungsschlusses unmittelbar bevor, und die Pflanzen der Gruppe 1 und 2, die, wie Tabelle 2 ausweist, im Mittel um etwa 1 m hinter denen der Gruppen 3 bis 5 zurückgeblieben sind, müßten in den beiden nächsten Jahren schon um jeweils 50 cm längere Höhentriebe entwickeln als die vorwüchsigen Pflanzen, um vor dem Zusammenwachsen zur Dickung noch mit diesen gleichzuziehen. Derartige Entwicklungssprünge von zurückgebliebenen Douglaspflanzen sind bisher bei uns nirgends zu beobachten. Man kann also ruhig sagen, daß am Ende unseres Beobachtungszeitraumes die Entscheidung über das positive Umsetzen schon gefallen ist.

b) Anders ist es dagegen mit dem negativen Umsetzen (Absteigen in eine niedrigere Klasse). Mit ihm wird man bei den jetzt herrschenden Pflanzen durchaus noch in einem gewissen Grade rechnen müssen. Wieweit ein solches negatives Umsetzen in der Zukunft eine Rolle spielen wird, läßt sich nur durch weitere Beobachtung klären. Solange wir hierüber nichts Näheres wissen, werden wir bei der Bestandsbegründung dieses Risiko einkalkulieren und auch nach der Aussortierung der schwachen Pflanzen einen Verband wählen müssen, der eine gewisse Stammzahlreserve garantiert.

3. Getrennte Auspflanzung verschiedener Größenklassen in Eversberg 19 b

Der Versuch in Eversberg 21 c hat den Nachteil, daß sich die Douglasien zu Beginn des Beobachtungszeitraumes schon 2 Jahre auf der Kulturfläche befanden. Die Frage, ob sich die Wuchsleistung bis zum Eintritt des Dickungsschlusses auch schon an den 3- bis 5jährigen verschulten Pflanzen ablesen läßt, ist damit noch nicht beantwortet.

Zur Überprüfung dieser Frage wurde im Frühjahr 1967 in Eversberg 19 b eine Versuchsfläche angelegt, bei der nach 3 Größenklassen sortierte Douglasien getrennt ausgepflanzt wurden.

3.1. *Standort*

Die Fläche liegt nahe bei 21 c und weist ähnliche Standortsverhältnisse auf. Der Boden ist aber trockener, der Steingehalt höher. In der Bodenflora tritt neben Himbeere und Brombeere stellenweise auch Heidekraut auf. Der Vorbestand war ebenfalls Fichte.

3.2. *Methode*

Die Pflanzen (Herkunft Snoqualmie) waren als 2/0 Sämlinge gekauft und in einem reviereigenen Schattenkamp verschult. Für die Pflanzung in 19 b wurden im Alter 2/2 die folgenden 3 Größenklassen aussortiert.

| | |
|---|---|
| Klasse 1 | 40 - 60 cm |
| Klasse 2 | 60 - 80 cm |
| Klasse 3 | über 80 cm. |

Die Pflanzen wurden in 5 Streifen zu je 3 Reihen gesetzt. Verband im Streifen 3 mal 3 m. Abstand zwischen den Streifen 5 m. Aus den Klassen 1 und 2 wurden je 2 Streifen angelegt. Bei der Klasse 3 reichten die Pflanzen nur für einen Streifen. Der relativ weite Verband soll für einen möglichst langen Zeitraum die individuelle Entwicklung der Pflanzen ermöglichen, der noch weitere Abstand zwischen den Streifen die gegenseitige Beeinflussung der Streifen so weit wie möglich hinausschieben.

Leider ist es im vierten Jahr des Versuchs zu einer kleinen Störung gekommen. Die Pflanzen waren ursprünglich mit Pfahl und Drahthose geschützt. Als sich im Sommer 1969 aber zeigte, daß dieser Schutz in der benachbarten U-Abtlg. 21 c nicht ausreichte, um Schälschäden durch Rotwild zu verhindern, wurde die Versuchsfläche im Herbst 1969 eingezäunt. Gleichzeitig wurden die Drahthosen entfernt. Dabei zeigte sich, daß durch den Halt, den die Drahthose einschließlich Pfahl der Pflanze gibt, offensichtlich der von der Bewegung durch den Wind ausgehende Reiz zur Ausbildung einer ausreichenden Bewurzelung zu gering ist: unter der Schneelast des Winters 1969/70 wurde ein Teil der Douglasien mehr oder weniger stark umgedrückt und mußte im Frühjahr 1970 aufgerichtet und gestützt werden. Hiervon waren die höheren Pflanzen stärker betroffen als die niedrigeren. Sie haben daher auch in der Vegetationszeit 1970 deutlich kürzere

Höhentriebe geschoben als die kleineren, da sie offensichtlich einen größeren Assimilatanteil für ein verstärktes Wurzelwachstum verbraucht haben.

### 3.3. *Bisherige Ergebnisse*

In Tabelle 5 sind die Mittelhöhen der 5 Streifen im Frühjahr 1967 ($h_{67}$) und Herbst 1970 ($h_{71}$) einander gegenübergestellt:

Tabelle 5

| Streifen | Gruppe | Zahl | $h_{67}$ Rahmen cm | $h_{67}$ Mittel cm | $s_{\bar{h}}$ cm | $h_{71}$ cm | $s_{\bar{h}}$ cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 3 | 50 | 67 - 120 | 81,9 | 1,47 | 220,3 | 4,25 |
| II | 2 | 54 | 45 - 77 | 60,9 | 1,08 | 194,0 | 4,94 |
| IV | 2 | 57 | 53 - 75 | 65,2 | 0,80 | 183,0 | 5,70 |
| III | 1 | 50 | 36 - 75 | 53,4 | 1,14 | 169,5 | 5,27 |
| V | 1 | 49 | 43 - 68 | 51,4 | 1,02 | 152,0 | 4,69 |

Wie die Rahmenwerte von $h_{67}$ zeigen, gehen die nach der Pflanzung gemessenen Ausgangsgrößen in erheblichem Maße über den Klassenrahmen hinaus, und zwar mehr nach unten als nach oben. Das mag zum Teil daran liegen, daß die Pflanzen etwas tiefer gepflanzt sind. Darüberhinaus zeigt sich hier aber eine Ungenauigkeit beim Sortieren, die sich unter praxisnahen Bedingungen, wenn diese Arbeit unter vertretbarem Zeitaufwand durchgeführt werden soll, wohl kaum vermeiden lassen wird.

Auch in 19 b ist die Tendenz erkennbar, daß die Pflanzen mit der größeren Ausgangshöhe auch den stärkeren Höhenzuwachs haben, wobei allerdings die Unterschiede zwischen den Größenklassen nicht so ausgeprägt sind wie in 21 c. Soweit die geringeren Unterschiede nicht durch die oben erwähnte Störung des Versuchs durch Schneedruck zu erklären sind, kann als weiterer Grund hinzu kommen, daß die Pflanzen im Alter 2/2 ihr Wuchsvermögen noch nicht so deutlich erkennen lassen.

In diesem Fall würde die von Abetz (1) vorgeschlagene Anzucht von Großpflanzen, die 1 bis 2 Jahre länger im Kamp bleiben, die Frühdiagnose erleichtern. Da nach Langner (2) der Anteil schwachwüchsiger Individuen in gut gedüngten und gepflegten Saat- und Verschulbeeten wahrscheinlich besonders groß ist, sollte während der Verschuldauer von jeder Düngung abgesehen werden. Wenn die Pflanzen dadurch etwas langsamer wachsen und ein Jahr länger im Verschulbeet bleiben müssen, kann das für die Frühdiagnose nur günstig sein.

## 4. Zusammenfassung

In einer im Frühjahr 1965 angelegten Fichtenkultur mit reihenweise eingemischter Douglasie wurden 324 Douglasien in 5 Größenklassen etwa gleicher Pflanzenzahl eingestuft und über den Zeitraum Frühjahr 1967 bis Herbst 1970 einzeln in ihrer Höhenentwicklung beobachtet.

Dabei zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit des Höhenzuwachses von der Ausgangshöhe. Während die Klasse mit der geringsten Ausgangsgröße von 21 cm auf 122,5 cm heranwuchs, erreichte die Klasse mit der größten Ausgangshöhe (77,3 cm) einen Wert von 298,2 cm. Die größte Klasse hatte gegenüber der kleinsten mehr als den doppelten Höhenzuwachs.

Stuft man auch am Ende des Beobachtungszeitraumes die Pflanzen in 5 Größenklassen etwa gleicher Pflanzenzahl ein, so zeigt sich, daß 35 bis 72 % in ihrer Gruppe geblieben sind und nur 5 bis 14 % sich über mehr als eine Gruppe hinweg bewegt haben.

Hätte man die beiden geringsten Klassen, die hier 38,6 % der Pflanzenzahl umfassen, von vornherein nicht gepflanzt, so wäre die Mittelhöhe im Alter 10 um 25 % größer und die Streuung um 30 % geringer, die Kultur also höher und gleichmäßiger.

In einem anderen Versuch wurden im Frühjahr 1967 260 2/2 Douglasien nach den Größenklassen 81/100, 61/80 und 41/60 vorsortiert und die einzelnen Klassen streifenweise getrennt ausgepflanzt. Obwohl der Versuch im letzten Winter durch Schneedruckschäden gestört wurde, läßt sich auch hier schon heute eine deutliche Abhängigkeit des Höhenwuchses von der Ausgangshöhe erkennen.

Die Beziehungen zwischen der Ausgangsgröße und dem Höhenwuchs bis zum Dickungsschluß ermöglichen bei der Douglasie durch vorheriges Aussortieren des schwachen Pflanzenmaterials wahrscheinlich den Übergang zu weiteren Pflanzverbänden, ohne daß Massen- und Wertverluste zu befürchten sind. Wegen der Möglichkeit des negativen Umsetzens sollte aber auch bei vorsortierten Pflanzen ein Verband gewählt werden, der noch eine gewisse Stammzahlreserve sichert.

Da sich die genetisch bedingte Wuchskraft wahrscheinlich unter schwierigen Umweltbedingungen am deutlichsten zeigt, sollten die für die Sortierung vorgesehenen Pflanzen im Verschulbeet nicht zu gut gepflegt, vor allem nicht gedüngt werden. Statt dessen könnten sie ein Jahr länger im Verschulbeet stehen, wodurch die Möglichkeit der Vorsortierung verbessert würde.


### Summary

Title of the paper: *Change of growth rate in young Douglas fir.*

The height growth of 324 Douglas fir, planted in 1965, was observed from 1967 to 1970. Height increment was related to initial height. The batch in the lowest initial height class reached the lowest mean height in 1970 (21 cm to 123 cm), and conversely the tallest batch stayed tallest (77 cm to 298 cm). 35 to 72 % of the individuals remained within their relative height class, and only 5 to 14 % jumped two classes.

If the two smallest batches (38.6 % of the individuals) had been culled before planting, mean height at age 10 had risen by 25 %, variation had been 30 % reduced, and the stand would have been taller and more uniform as a result. The same association between initial height and height increment were confirmed in a subsequent experiment in which the plants were sorted by height classes before planting. It is probably possible to plant Douglas fir at wider spacing if the planting material is culled before planting, without sacrificing volume and value increment. A certain reserve should be allowed for trees which fall back in growth. Superior vigour is more strongly exhibited under enviromental stress. Therefore, plants should not be unduly pampered in the nursery, but rather be kept one year longer to ensure adequate differentiation.

E. F. B.



### Résumé

Titre de l'article: *Changements de catégories de hauteur du Douglas dans une jeune plantation.*

Dans un peuplement d'épicéa, planté au printemps 1965, avec mélange en ligne de Douglas, on a classé en cinq catégories de hauteur 324 douglas; ces cinq catégories comprenaient un nombre de sujets sensiblement égal; la croissance en hauteur fut suivie individuellement du printemps 1967 à l'automne 1970.

On a pu établir ainsi une corrélation étroite entre la hauteur initiale et la croissance en hauteur. Alors que dans la dernière classe dont la hauteur initiale est 71 cm on n'atteint que 122,5 cm de hauteur, pour la première classe on passe de 77,3 cm à 298,2 cm; la croissance en hauteur varie donc de plus du simple au double entre ces deux classes extrêmes.

Si l'on procède à un nouveau classement à la fin de la période d'observation, également en cinq catégories comprenant toujours un nombre sensiblement égal de sujets, on constate que 35 à 72 % des sujets restent dans la même classe, tandis que 5 à 14 % seulement en sautent plus d'une.

Si les deux dernières classes, qui représentant 36 % des plants, n'avaient pas été mises en place, la hauteur moyenne, à l'âge de 10 ans, aurait été augmentée de 25 %, et la dispersion réduite de 30 %; on aurait ainsi obtenu un peuplement plus haut et plus régulier.

Dans une autre expérience installée au printemps 1967, 260 douglas 2/2 ont été répartis en trois classes de hauteur: 81 - 100, 61 - 80, 41 - 60; les plants de ces différentes classes ont été plantés séparément en lignes. Bien qu'au cours du dernier hiver, cette plantation expérimentale ait subi des dégâts de neige, on a pu montrer qu'ici encore, on avait une corrélation étroite entre la croissance en hauteur et la hauteur initiale.

D'après cette corrélation il semble possible, en éliminant au départ les plants les moins vigoureux, de planter les Douglas à plus larges espacements sans que pour autant soient à craindre des pertes de volume ou de valeur. Cependant même si l'on procède à une présélection des plants, il conviendra de choisir pour la plantation un espacement tel qu'il y ait un certain nombre de sujets en excédent, car il est toujours possible que certains d'entre eux restent «à la traîne».

La croissance dépend aussi de la valeur génétique des plants et il semble que celle-ci soit mieux mise en évidence quand les conditions du milieu sont assez difficiles; les plants devant être sélectionnés ne doivent donc pas être trop bien soignés dans les planches de repiquage, et surtout on doit éviter de les fertiliser. On peut aussi conserver les plants un an de plus en pépinière, ce qui améliore également les possibilités de sélection. J. M.

**Literaturverzeichnis**

1. Abetz, P.: Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung in Oberschwaben. AFJZ 4/1969. — 2. Langner, W.: Populationsgenetische Unterschiede und Bestockungsdichte bei der Bestandsbegründung. AFZ 38/1966. — 3. Schmidt-Vogt, H.: Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. AFJZ 6/1969.

# Düngungsversuche zu 45- bis 90-jährigen Fichten- und Fichten-Tannenbeständen auf oberem und mittlerem Buntsandstein des Württembergischen Schwarzwalds

Aus der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abt. Ertragskunde

Von K. Hausser, Hechingen
mit Beiträgen von W. Bilger, F. Evers und H. Werner

Fortsetzung und Schluß

## 6.2 NPCa-Düngungs- bzw. N-Formenvergleichsversuche auf oberem Buntsandstein

Die in den folgenden Abschnitten 6.21 bis 6.32 behandelten Versuche Nr. 95, 96, 97 im staatl. *Forstbezirk Altensteig* und Nr. 91 und 92 im *Gemeindewald Hörschweiler* (*Staatl. Forstbezirk Dornstetten*) bilden eine Reihe von Stickstoff-Formenvergleichs-Versuchen mit dem Ziel, die in der ersten Nährstoffmangel-Versuchsreihe auf den Versuchen Nr. 58, 71, 60 und 59 erfolgreichste Variante NPCa auch auf anderen Standorten des oberen und mittleren Buntsandsteins zu erproben und dabei die Wirkung der Stickstoff-Düngemittel Kalkammonsalpeter, schwefels. Ammoniak, Kalksalpeter, Harnstoff und Ammoniakgas auf den Zuwachs von Fi- und Ta-Beständen zu vergleichen.

### 6.21 *Der Düngungsversuch Nr. 95 im Staatl. Forstbezirk Altensteig Distr. VII Abt. 11*

*Versuchsziel:* Stickstoff-Formenvergleich in 49-jährigem Fichten-Bestand, ferner soll der Erfolg der NPCa-Düngung auf diesem besser mit Wasser versorgten Standort mit dem in Alter und Bonität ähnlichen D. V. 60 verglichen werden.

*Standort:* 4 km südwestlich von Altensteig, Meereshöhe 620 m. Mittlere Jahresniederschläge 650 mm. Mittlere Jahrestemperatur 7,5 °C. Eben. Oberer Buntsandstein-Plattensandstein.

Nach den standortskundlichen Erhebungen von Dr. H. Werner „wird das Verwitterungsprodukt fast auf der ganzen Fläche von Diluviallehm überlagert bzw. vergütet".

Vertreten sind folgende Standortseinheiten:

1. Sandig lehmige Verwitterungsböden lt. Standortskarte („Ebsd") (nur wenig vertreten auf Parz. 5).
2. Mischlehm (ML) (auf Parz. 3 und 5 vorherrschend).
3. Feinlehm (FL) (auf Parz. 2 W-Teil, auf Parz. 1 und 4 vorherrschend).
4. Vernässender Feinlehm (Parz. 2 Ost-Teil).

*Boden:* Unter ca. 4 cm Auflagehumus (1967: pH in KCl = 3,4) tiefgründiger feinsandiger Lehm mit wechselndem Skelettanteil. Wasserhaushalt mäßig frisch bis frisch, stellenweise wechselfeucht.

Bodentyp: Schwach podsolige Braunerde bis Parabraunerde-Pseudogley.

Nach Dr. H. Werner sind die gedüngten Parzellen standortskundlich gesehen mit der 0-Parzelle 3 nur bedingt vergleichbar, wobei Parz 1 (NKAS PCa) und 4 (NHar PCa) besser, Parz. 2 (NsA PCa) wesentlich schlechter sein dürften.

Nach den hier speziell berechneten Oberhöhenbonitäten sind die Unterschiede zwischen 0-Parzelle 3 und Parzellen 1 u. 2 unbedeutend, dagegen sind die Parzellen 4 u. 5 übereinstimmend mit dem standortskundlichen Befund um eine dGz-Stufe besser.

*Bodenvegetation:*

Moosschicht: 70 % Hylocomium Schreberi mit etwas H.-splendens
10 % Mastigobryum trilobatum + Plagiochila asplenoides.

Ferner: Polytrichum commune, Dicranum scoparium, Thuidium tamariscinum, Mnium undulatum, Sphagnum.

Krautschicht: Vereinzelt Deschampsia flexuosa.

*Bestand:* Reine Fi aus Pflanzung mit einigen Ta, die auf Parz. 2 11 %, sonst nur 1 - 4 % des Anfangsvorrats erreichen. 1952: Fi 49-, Ta 54jährig, Fi H0-Bonität U 33 - 34 = dGz 10 - 11, Ta dGz 13, also etwas besser und vor allem dichter bestockt als der Vergleichsversuch D. V. 60.

*Versuchsanordnung:*

Angelegt 1956 mit 5 je 25 ar großen Parzellen, davon eine 0-Parzelle. Die Düngungsparzellen erhielten im Okt. 1956 eine Grunddüngung mit 25 dz je ha kohlensauren Kalk und 10 dz Thomasphosphat.

Die N-Düngung erfolgte im Juli 1956 und 1957 und zwar auf
Parz. 1 mit 5,0 + 5,0 dz zus. 10,0 dz Kalkammonsalpeter
Parz. 2 mit 5,0 + 5,0 dz zus. 10,0 dz schwefels. Ammoniak
Parz. 5 mit 5,0 + 8,0 dz zus. 13,0 dz Kalksalpeter
Parz. 4 mit 2,0 + 2,0 dz zus. 4,0 dz Harnstoff.

Forstbezirk Altensteig

Tabelle 11

**Düngungsversuch Nr. 95, Ergebnisse 1956/65, Alter 49/58**

Bonität im Alter 49: Fi Assmann-Franz: U 32 - 34 = dGz 10 - 11

Wiedemann: = dGz 9 - 10

| Parz. Nr. | Düngung | Stand im Alter 49 n. Df. n | dg cm | hg m | g m² | $V_7$ Vfm | Df.-Anfälle im Alter 49/53 Vfm | Alter 49 - 58: gm m² | ig (ursprünglich) m² | ig = % von 0-Parz. | Pg % | iv ursprgl. Vfm | iv berichtigt Vfm | berichtigt = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz bericht. Vfm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 3 | 0 | 2364 | 14,9 | 16,7 | 41,2 | 343 | 35 | 45,4 | 1,410 | 100 | 3,10 | 20,3 | 20,3 | 100 | — |
| 1 | NKAS PCa | 2316 | 14,9 | 16,3 | 40,1 | 323 | 43 | 45,8 | 1,755 | 124 | 3,83 | 25,7 | 26,4 | 130 | + 6,1 |
| 2 | NsA PCa | 2104 | 15,8 | 16,9 | 42,4 | 363 | 43 | 47,3 | 1,620 | 115 | 3,43 | 23,7 | 23,7 | 117 | + 3,4 |
| 5 | NKS PCa | 2032 | 16,5 | 18,1 | 43,1 | 397 | 66 | 47,4 | 1,683 | 119 | 3,55 | 25,2 | 23,1 | 114 | + 2,8 |
| 4 | NHar PCa | 1888 | 17,0 | 18,0 | 42,4 | 381 | 46 | 46,8 | 1,464 | 104 | 3,13 | 21,7 | 19,8 | 98 | — 0,5 |

Damit wurden folgende Mengen an Reinnährstoffen in kg/ha zugeführt:

| Parz. Nr. | CaO | $P_2O_5$ | N |
|---|---|---|---|
| 1 | 1880 | 150 | 200 |
| 2 | 1700 | 150 | 210 |
| 5 | 2060 | 150 | 200 |
| 4 | 1700 | 150 | 180 |

*Ertragskundliche Ergebnisse*

Die Auswertung umfaßt die Perioden 1956/60 und 1960/65, also insgesamt 9 Jahre (Alter 49 - 58).

Die ertragskundlichen Daten sind aus Tab. 11 ersichtlich.

Da wie in D. V. 59 das Zuwachsprozent des Gesamtbestands durch den *Ta-Anteil* nur geringfügig verändert wird, sind nur die Werte des Gesamtbestands angegeben.

Bei der Anlegung wurde nicht durchforstet und in der Beobachtungszeit gab es keine Ausfälle durch Schneedruck oder Sturm.

Die Parzellen 4 und 5, welche die voraussichtlich am wenigsten zuwachssteigernden Stickstoff-Düngemittel Kalksalpeter bzw. Harnstoff erhielten, sind nach der hier speziell bestimmten H0-Bonität um eine dGz-Stufe begünstigt.

Die *Bestockungsgrade* liegen relativ hoch: Am Anfang der 1. Periode zwischen 1,16 und 1,21; zu Beginn der 2. Periode zwischen 1,09 und 1,15.

In der 1. Periode war *der absolute Zuwachs* bei allen Parzellen ungewöhnlich hoch, was — abgesehen von der hohen Grundflächenhaltung — daher rühren kann, daß zum Zeitpunkt der 1. Aufnahme im August 1956 der Zuwachs des Vegetationsjahrs 1956 noch nicht abgeschlossen war. Eine exakte Berichtigung ist nicht möglich und für den Zuwachsvergleich auch ohne Belang. Der absolute Zuwachsabfall in der 2. Periode entspricht dem Verlauf bei D. V. 60, er ist nur wesentlich stärker.

Die jährlichen Mehrleistungen in der 9jährigen Beobachtungszeit waren folgende:

| Parz. Nr. | Düngung | ursprünglich Vfm | ursprünglich % | berichtigt Vfm | berichtigt % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PCa NKAS | + 5,4 | + 27 | + 6,1 | + 30 |
| 2 | PCa NsA | + 3,4 | + 17 | + 3,4 | + 17 |
| 5 | PCa NKS | + 4,9 | + 24 | + 2,8 | + 14 |
| 4 | PCa NHar | + 1,4 | + 7 | — 0,5 | — 2 |

Die Minderleistung der Parz. 4 (Harnstoff) liegt im Fehlerrahmen. Im Vergleich zu dem annähernd gleich alten D. V. 60, wo die zwei allerdings mit 240 kg N gedüngten NKAS PCa-Parzellen in den ersten 9 Jahren einen Mehrertrag von 47 %, d. h. + 7,5 Vfm jährlich brachten, blieb hier die Mehrleistung der NKAS-Parzelle deutlich zurück. Das dürfte weniger auf die unterschiedlichen N-Gaben als auf den besser mit Nährstoffen und Wasser versorgten Standort des D. V. 95 zurückzuführen sein, wo der iv der 0-Parzelle 20,3 Vfm betrug gegenüber 16,4 Vfm auf D. V. 60.

Der Umstand, daß die Beobachtungszeit der beiden Versuche nicht in die gleichen Kalenderjahre fällt, D. V. 60: 1953 - 61, D. V. 95: 1957 - 65, müßte sich eher zu Gunsten von D. V. 95 auswirken, da die Periode 1957 - 65 niederschlagsreicher war.

Die etwaige verschiedene Wirksamkeit der verwendeten N-Düngemittel wird in Abschnitt 7.2 für alle N-Formenvergleichs-Versuche gemeinsam besprochen.

### 6.22 *Der Düngungsversuch Nr. 96 im Staatl. Fbz. Altensteig Distr. VII Abt. 6.*

*Versuchsziel:* Stickstoff-Formenvergleich in einem 77jährigen Fi-Ta-Bestand und Erprobung der NPCa-Düngung auf einem besseren Standort des oberen Buntsandsteins.

*Standort:* 4 km südwestlich von Altensteig. Meereshöhe 600 m. Mittlere Jahresniederschläge 850 mm. Durchschnittl. Jahrestemperatur 7,5° C. Eben. Oberer Buntsandstein (so). Plattensandstein mit Lößlehm-Überlagerung.

Die standortskundliche Begutachtung durch Dr. H. Werner ergab folgendes:

Die Standortsverhältnisse sind besonders auf Parz. 1, 2 u. 4 mit vorherrschender Standortseinheit „Feinlehm" relativ gleichmäßig.

Es handelt sich um tiefgründigen (über 60 cm) Feinlehm der in mit *so* — Material gemischten „Mischlehm" übergeht.

Stellenweise ist der Untergrund verdichtet mit beginnender Pseudovergleyung und Wechselfeuchtigkeit (Parz. 4).

Parz. 3 ist nicht einheitlich, außer Feinlehm sind steiniger Mischlehm und mittelgründiger Mischlehm über *so*-Letten vertreten. Der Boden-Typ ist eine ± podsolige stellenweise pseudovergleyte Parabraunerde.

Der Wasserhaushalt wird als mäßig frisch bis grundfrisch und schwach wechselfeucht bezeichnet.

Auflagehumus: 2 - 4 cm mit PH (KCl) = 3,3 (1968).

Die Parzellen 1 u. 4 sind mit der 0-Parzelle 2 vergleichbar, Parzelle 3 ist schlechter. Nach den speziell bestimmten Oberhöhen sind die Parzellen 1 - 3 bonitätsmäßig gleich (U 31 = dGz 9), während Parzelle 4 (U 34 = dGz 11) besser ist.

*Bodenvegetation:* 1956

Geschlossene Moosdecke aus Hylocomium Schreberi, H. loreum, H. triquetrium, vereinzelt Polytrichum formosum, Mastigobryum trilobatum, Plagiochila asplenoides, Thuidium tamariscinum. An lichten Stellen vereinzelt Deschampsia flexuosa, Vaccinium Myrtillus.

*Bestand:* 77jährige Fi aus Pflanzung. H0-Bonität U 31/34 = dGz 9 - 11 mit gruppen- bis horstweise beigemischten 86jähr. Ta (dGz 12) aus Naturverjüngung. Die Anteile der Ta betrugen bei Versuchsbeginn 14 - 28 %.

*Versuchsanordnung:*

Angelegt im August 1956 gleichzeitig mit D. V. 95 und 97 mit 4 je 25 ar großen Parzellen, davon eine 0-Parzelle. Die Grunddüngung mit 25 dz je ha kohlensaurem Kalk und 10 dz je ha Thomasphosphat erfolgte im Oktober 1956, die N-Düngung wurde ausgebracht:

auf Parz. 1 Ende Mai mit 200 kg N in Form von Ammoniakgas $NH_3$

auf Parz 3 im Juli 1956 u. Juni 1957 mit je 5,0 zus. 10,0 dz NKAS

auf Parz. 4 im Juli 1956 u. Juni 1957 mit je 5,0 , zus. 10,0 dz NsA.

Im Gegensatz zu allen bisher besprochenen Versuchen wurde hier auch die weitere Umgebung der durch Wege getrennten oder bis zu 60 m von einander entfernten Parzellen in gleicher Weise gedüngt.

Die einzelnen Parzellen erhielten damit folgende Mengen an Reinnährstoffen in kg/ha:

| Parz. Nr. | Düngung | CaO | $P_2O_5$ | N |
|---|---|---|---|---|
| 1 | PCa $NH_3$ | 1700 | 150 | 200 |
| 4 | PCa NsA | 1700 | 150 | 210 |
| 3 | PCa NKAS | 1880 | 150 | 200 |

*Ertragskundliche Ergebnisse*

Wie bei den Parallel-Versuchen beträgt die Beobachtungszeit 9 Jahre mit 2 Perioden 1956 - 60 und 1960 - 65, d. h. bei Fi Alter 77 - 86, bei Ta Alter 86 - 95.

Tab. 12 enthält die ertragskundlichen Daten. Bei der Anlegung war kein Eingriff notwendig. 1960 wurde der Bestand durchforstet. In der Beobachtungszeit entstanden nur geringe Ausfälle.

*Die Anteile der Ta* an der mittleren Grundflächenhaltung 1956/65 betragen bei Parz 2 u. 1: 26 bzw. 28 %, bei Parz. 3 u. 4: 14 %. Abweichend von D. V. 59 sind die Grundflächenzuwachsprozente (pg) der Ta hier durchweg kleiner als diejenigen der Fi. Durch die Ta-Anteile werden die pg-Werte der Gesamtbestände bei Parz. 2 u. 1 um 7 bzw. 6 %, bei Parz. 3 u. 4 um 1 bzw. 4 % verkleinert, das bedeutet, daß die Parzellen 3 u. 4 durch die geringere Ta-Beimischung etwas begünstigt sind.

Nach Oberhöhen-Bonität ist — wie oben vermerkt — Parz. 4 gegenüber den bonitätsmäßig gleichen Parzellen 1 - 3 um 2 dGz-Stufen begünstigt. Die *Bestockungsgrade* an Grundfläche wurden für den Gesamtbestand auf Grund der Fi-Ertragstafel Assmann-Franz über die hg der Fi berechnet. Sie betrugen bei Versuchsbeginn 0,94 (Parz. 4) — 1,07 (Parz. 2), bei Beginn der 2. Periode: 0,88 (Parz. 3 u. 4) — 1,01 (Parz. 1).

Wie bei D. V. 95 war der *absolute Zuwachs* in der 1. Periode sehr hoch und fiel zur 2. Periode stark ab.

In der 9jährigen Beobachtungszeit ergaben sich folgende jährliche Mehrleistungen:

Forstbezirk Altensteig, Distrikt VII, Abt. 6 Tabelle Nr. 12

**Düngungsversuch Nr. 96. Ergebnisse 1956/65. Alter: Fi 77 - 86, Ta 86 - 95**

Bonität 1956: Fi Assmann-Franz: U 31 - 34 = dGz 9 - 11
Fi Wiedemann: = dGz 9 - 11
Ta Hausser: = dGz 12

| Parz. Nr. Düngung | Baumart | Stand 1956 n. Df. | | | | | Df.-Anfälle im Alter 78/81 | 1956 - 65 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | dg | hg | g | $V_7$ | | gm | ig (ursprünglich) | | | iv | | | |
| | | | | | | | | | m² | = % von 0-Parz. | Pg | ursprgl. Vfm | berichtigt Vfm | berichtigt = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. berichtigt Vfm |
| | | | cm | m | m² | Vfm | Vfm | m² | | | % | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | Fi | 820 | 23,7 | 25,0 | 36,2 | 442 | 65 | 37,6 | 0,912 | | 2,43 | 15,2 | | | |
| – 0 – | Ta | 260 | 25,0 | 23,3 | 12,8 | 160 | 10 | 13,5 | 0,240 | | 1,78 | 3,9 | | | |
| | | 1080 | | | 49,0 | 602 | 75 | 51,1 | 1,152 | 100 | 2,26 | 19,1 | 19,1 | 100 | — |
| 1 | Fi | 780 | 23,5 | 25,0 | 33,7 | 420 | 45 | 36,3 | 0,960 | | 2,65 | 16,0 | | | |
| $NH_3$ | Ta | 260 | 25,1 | 23,1 | 12,9 | 162 | 8 | 13,9 | 0,292 | | 2,09 | 4,8 | | | |
| PCa | | 1040 | | | 46,6 | 582 | 53 | 50,2 | 1,252 | 109 | 2,49 | 20,8 | 20,8 | 109 | + 1,7 |
| 4 | Fi | 748 | 25,6 | 27,0 | 38,7 | 500 | 85 | 40,6 | 1,157 | | 2,85 | 19,3 | | | |
| NsA | Ta | 96 | 29,3 | 25,3 | 6,4 | 85 | 10 | 6,6 | 0,137 | | 2,06 | 2,2 | | | |
| PCa | | 844 | | | 45,1 | 585 | 95 | 47,2 | 1,294 | 112 | 2,74 | 21,5 | 20,3 | 106 | + 1,2 |
| 3 | Fi | 964 | 22,3 | 24,7 | 37,5 | 449 | 90 | 38,9 | 1,108 | | 2,84 | 18,8 | | | |
| NKAS | Ta | 92 | 28,8 | 25,7 | 6,0 | 76 | 7 | 6,5 | 0,167 | | 2,57 | 2,8 | | | |
| PCa | | 1056 | | | 43,5 | 525 | 97 | 45,4 | 1,275 | 111 | 2,80 | 21,6 | 22,5 | 118 | + 3,4 |

| Parz. Nr. | Düngung | ursprünglich Vfm | ursprünglich % | berichtigt Vfm | berichtigt % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PCa $NNH_3$ | + 1,7 | + 9 % | + 1,7 | + 9 % |
| 4 | PCa NsA | + 2,4 | + 13 % | + 1,2 | + 6 % |
| 3 | PCa NKAS | + 2,5 | + 13 % | + 3,4 | + 18 % |

Durch die Bonitätsberichtigung wird hier der iv von Parz. 4 (schwefelsaures Ammoniak) erheblich gedrückt.

*Die Reaktion der Ta auf die Düngung*

Sowohl in den zwei Perioden wie in der gesamten Beobachtungszeit sind auf den gedüngten Parzellen 1 ($NH_3$) und 3 (KAS) die Grundflächenzuwachsprozente der Ta gegen 0 *prozentual höher* als bei der Fi.

Der Zuwachsabfall von der 1. zur 2. Periode verläuft bei der Ta auf Parzelle 1 und 3 parallel mit dem der Fi.

*Bodenzoologische Untersuchungen*

In den Jahren 1959 bis 1961 wurden die Parzellen Nr. 2 (- 0 -), 1 (N $NH_3$PCa) und 3 (NKAS PCa) von Dr. G. Traitteur-Ronde bodenzoologisch in gleicher Weise untersucht wie der Versuch Nr. 58 (s. Hausser-Wittich 1969) mit dem Ergebnis, daß die mittleren Individuenzahlen auf Parz. 1 (N $NH_3$) um 35 %, auf Parz. 3 um 155 % größer als auf der 0-Parzelle waren und die Artenzahlen sich um 44 bzw. 60 % vermehrt hatten.

Der Regenwurmbesatz, der auf der 0-Parzelle je qm 28 betrug, hatte sich auf 97 (= + 246 %) bzw. 116 (= + 314 %) erhöht, war also wesentlich größer als auf den 0- bzw. NPCa-Parzellen der Versuche 59 in Freudenstadt und 58 in Dornstetten. Das stimmt auch überein mit den auf D. V. 96 gefundenen höheren pH(KCl)-Werten, nämlich 3,7 auf der 0-Parzelle und 5,9 auf den Parzellen 1 und 3.

6.23 *Der Düngungsversuch Nr. 97 im Staatl. Fbz. Altensteig Distr. VII Abt. 9.*

*Versuchsziel:* Wie D. V. 96, jedoch hier in einem 92jährigen Ta-Fi-Bestand auf ähnlichem Standort wie D. V. 96.

*Standort:* Meereshöhe 600 m. Mittlere Jahresniederschläge 850 mm. Mittlere Jahrestemperatur 7,5° C, leicht nach NW geneigt. Oberer Buntsandstein (so) Plattensandstein mit Feinlehm (FL)- bzw. Mischlehm (ML)-Überlagerungen von wechselnder Gründigkeit.

Nach der Begutachtung von Dr. H. Werner sind die Standortseinheiten Feinlehm (FL) und Mischlehm (ML) auf den Parzellen unterschiedlich vertreten.
Auf Parz. 1 nehmen FL und ML etwa gleiche Flächen ein.
Auf Parz. 2 überwiegt ML.
Auf Parz. 3 u. 4 überwiegt FL.

Der Bodentyp wird als podsolige Parabraunerde, der Wasserhaushalt als mäßig frisch bezeichnet. Standortskundlich ist Parz. 3 (- 0 -) vergleichbar mit Parz. 4, die Parz. 1 und besonders 2 sind schlechter als Parz. 3.

Diese Abstufung deckt sich annähernd mit den geringen Differenzen der Höhenbonität der Ta.

Schwache Humusauflage. PH in KCl = 3,4 (1966).

*Bodenflora:* Geschlossene Moosdecke. Vorherrschend Hylocomium Schreberi, etwas Hylocom. splendens u. triquetrum, Polytrichum commune, Hyloc. loreum, Mastigobryum trilobatum. Vereinzelt: Vaccinium myrtillus, Deschampsia flex. Senecio Fuchsii.

*Bestand:* 92jähr. Ta dGz 11 - 12 aus Naturverjüngung mit 16 - 29 %. 72 jähr. Fi HO-Bonität U 32 - 34 = dGz 10 - 11 aus Pflanzung in Einzel- und Gruppenmischung.

*Versuchsanordnung:*

Angelegt im August 1956 gleichzeitig mit D. V. 95 und 96 mit 4 je 25 ar großen Parzellen, davon eine 0-Parzelle.

Forstbezirk Altensteig

Tabelle 13

**Düngungsversuch Nr. 97. Ergebnisse 1956/65. Alter: Ta 92 - 101, Fi 72 - 81**

Bonität 1956: Fi Assmann-Franz: U 32 - 34 = dGz 10 - 11
Fi Wiedemann: = dGz 10 - 11
Ta Hausser: = dGz 11 - 12

| Parz. Nr. Düngung | Baumart | Stand 1956 n. Df. n | dg cm | hg m | g m² | $V_7$ Vfm | Df.-Anfälle 1957/64 Vfm | 1956 - 65 gm m² | ig (ursprünglich) m² | ig = % von 0-Parz. | Pg % | iv ursprgl. Vfm | iv berichtigt Vfm | iv berichtigt = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. berichtigt Vfm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 3 | Ta | 608 | 29,4 | 25,5 | 41,3 | 547 | 94 | 40,5 | 0,658 | | 1,62 | 10,8 | | | |
| – 0 – | Fi | 186 | 24,0 | 24,2 | 8,2 | 97 | 7 | 9,0 | 0,269 | | 2,97 | 4,4 | | | |
| | | 788 | | | 49,5 | 644 | 101 | 49,5 | 0,927 | 100 | 1,87 | 15,2 | 15,2 | 100 | — |
| 4 | Ta | 572 | 29,5 | 24,6 | 39,1 | 502 | 99 | 38,5 | 0,777 | | 2,02 | 12,7 | | | |
| $NNH_3$ | Fi | 240 | 25,6 | 25,4 | 12,4 | 152 | 13 | 13,9 | 0,449 | | 3,22 | 7,4 | | | |
| PCa | | 812 | | | 51,5 | 654 | 112 | 52,4 | 1,226 | 132 | 2,34 | 20,1 | 20,5 | 135 | + 5,3 |
| 1 | Ta | 540 | 28,4 | 24,8 | 34,3 | 443 | 49 | 35,9 | 0,765 | | 2,13 | 12,4 | | | |
| NsA | Fi | 220 | 27,4 | 25,7 | 12,9 | 160 | 18 | 14,1 | 0,420 | | 2,98 | 7,0 | | | |
| PCa | | 760 | | | 47,2 | 603 | 67 | 50,0 | 1,185 | 128 | 2,37 | 19,4 | 19,7 | 130 | + 4,5 |
| 2 | Ta | 616 | 26,4 | 23,9 | 33,9 | 433 | 59 | 34,7 | 0,695 | | 2,01 | 11,3 | | | |
| NKAS | Fi | 268 | 25,6 | 24,7 | 13,8 | 167 | 26 | 14,8 | 0,489 | | 3,29 | 8,1 | | | |
| PCa | | 884 | | | 47,7 | 600 | 85 | 49,5 | 1,184 | 128 | 2,39 | 19,4 | 20,2 | 133 | + 5,0 |

Die *Düngung* ist gleich wie bei D. V. 96:
25,0 dz kohlens. Kalk u. 10,0 dz Thomasphosphat im Okt. 1956, sowie auf Parz. 4 im Mai 1956: 200 kg N in Form von Ammoniakgas,
auf Parz. 2 im Juli 1956 u. Juni 1957: je 5,0, zus. 10,0 dz Kalkammonsalpeter,
auf Parz. 1 im Juli 1956 u. Juni 1957: je 5,0, zus. 10,0 dz schwefels. Ammoniak.
Wie bei D. V. 96 erhielt die weitere Umgebung der durch Wege oder genügende Abstände getrennten Parzellen die gleiche Düngung. Zugeführte Reinnährstoffe s. D. V. 96.

*Ertragskundliche Ergebnisse*

Die Beobachtungszeit umfaßt wie bei D. V. 95 und 96 die Perioden 1956 - 60 und 1960 - 65, d. h. bei Ta Alter 92 - 101, bei Fi Alter 72 - 81. Die ertragskundlichen Daten sind aus Tab. 13. ersichtlich.

Auch hier erfolgte bei der Anlegung kein Eingriff, 1960 wurde durchforstet. In der Beobachtungszeit entstanden nur unbedeutende Ausfälle (1 - 8 Vfm).

Die Umrechnung auf Bonität und Bestockungsgrad an Grundfläche der 0-Parzelle erfolgte für den Gesamtbestand über die hg der Ta auf Grund der Ta-Ertragstafel von HAUSSER 1956 und der Zuwachsreduktionstafeln für Fi von ASSMANN-FRANZ.

Die Anteile der Fi an der mittleren Grundflächenhaltung 1956/65 betrugen bei den gedüngten Parzellen zwischen 27 u. 30 %, bei der 0-Parzelle 18 %.

Wie bei D. V. 96 sind die Grundflächenzuwachsprozente (pg) der Fi größer als diejenigen der Ta. Die pg-Werte der Gesamtbestände werden daher durch die Fi-Anteile um 11 bis 19 % gehoben. Dadurch ist die 0-Parzelle 3 mit ihrem geringeren Fi-Anteil etwas benachteiligt.

In der *Höhenbonität der Ta* sind die gedüngten Parzellen gleich (dGz 11), die 0-Parzelle 3 ist um eine dGz-Stufe überlegen. Nach den Oberhöhen sind auch die *Fi-Bonitäten* auf Parz. 1, 2 u. 4 mit H0 Bon, U 32 um eine Stufe besser als auf Parz. 3.

Die *Bestockungsgrade* an Grundfläche des Gesamtbestands lagen bei Versuchsbeginn zwischen 1,02 und 1,11, bei Beginn der 2. Periode zwischen 0,99 und 1,03 der Ta-Ertragstafel.

Der *absolute Zuwachs* ging, wie bei den Parallel-Versuchen, von der 1. zur 2. Periode bei allen Parzellen gleichmäßig zurück.

Die *Mehrerträge* waren höher als auf D. V. 96 und differieren wenig. Sie betrugen bei

| Parz. Nr. | Düngung | ursprünglich Vfm | ursprünglich % | berichtigt Vfm | berichtigt % |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | PCa $NNH_3$ | + 4,9 | + 32 | + 5,3 | + 35 |
| 1 | PCa NsA | + 4,2 | + 28 | + 4,5 | + 30 |
| 2 | PCa NKAS | + 4,2 | + 28 | + 5,0 | + 33 |

Bezogen auf die Werte der 0-Parzelle sind die pg-Werte der Ta auf den gedüngten Parzellen in beiden Perioden *prozentual* deutlich höher als diejenigen der Fi. *Tab. 14* zeigt die pg-Werte der gesamten Beobachtungszeit.

Tabelle 14
**Düngungsversuch Nr. 97. pg-Werte und Anteile von Fi und Ta**

| Parz. Nr. | Düngung | Ta pg % | Ta = % v. 0 | Fi pg % | Fi = % v. 0 | Anteile der Fi an gm Ta + Fi % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | – 0 – | 1,62 | 100 | 2,97 | 100 | 18 |
| 4 | PCaN $NH_3$ | 2,02 | 125 | 3,22 | 108 | 27 |
| 1 | PCa NsA | 2,13 | 131 | 2,98 | 100 | 28 |
| 2 | PCa NKAS | 2,01 | 124 | 3,29 | 111 | 30 |

Die Zuwachssteigerung war somit wie bei D. V. 96 bei der Ta größer als bei der Fi.

Der Zuwachsabfall von der 1. zur 2. Periode spiegelt sich in den pg-Werten von Ta und Fi in gleicher Weise mit Ausnahme der Fi auf Parz. 2, deren gegenteiliges Verhalten nicht geklärt werden konnte.

6.3 NPCa-Düngungs- bzw. N-Formenvergleichs-Versuche auf mittlerem Buntsandstein.

Während die bisher besprochenen Versuche alle auf oberem Buntsandstein lagen, handelt es sich bei den folgenden Versuchen Nr. 91 u. 92 um solche auf mittlerem Buntsandstein.

6.31 *Der Düngungsversuch Nr. 91 im staatl. Forstbezirk Dornstetten, Gemeindewald Hörschweiler Distr. I Abt. 9.*

*Versuchsziel:* Erprobung der NPCa-Düngung auf mittlerem Buntsandstein und Vergleich verschiedener Stickstoffdüngemittel.

*Standort:* 4 km NO-wärts von Dornstetten. Meereshöhe 620 m. Mittlere Jahresniederschläge 950 mm. Durchschnittliche Jahrestemperatur 7° C. 10 % nach N geneigt. Übergang von oberem Buntsandstein - Plattensandstein zum mittleren ($smc_2$) Buntsandstein.

Nach Untersuchungen von Dr. H. WERNER handelt es sich um die Standortseinheit: podsolierter Sand.

Unter einer 10 - 15 cm starken Rohhumusauflage (1968: pH in KCl = 2,9) folgt ein tiefgründiger steiniger, meist nur anlehmiger Mittelsand, weißgrau bis violettgrau. Die Beimischung von *so*-Material wechselt sehr.

Der Bodentyp ist eine podsolierte Braunerde. Wasserhaushalt: mäßig frisch bis frisch. Die Parzellen sind standörtlich vergleichbar, wobei die 0-Parzelle mit höchstem *so*-Anteil am besten ist.

*Bodenvegetation:* Moosschicht: ca. 80 % Hylocomium Schreberi, 15 % Sphagnum + Dicranum scoparium, Mastigobryum trilobatum, *Krautschicht:* Vaccinium Myrtillus.

*Bestand:* Reine Fichte aus Pflanzung, 74jährig, H0-Bonität 28 - 30 = dGz 8 - 9.

*Versuchsanordnung:* Angelegt im Juli 1956 — gleichzeitig mit D. V. 92 — mit 4 je 20 ar großen Parzellen, davon eine 0-Parzelle.

Die N-Düngung wurde ausgebracht:
Auf Parz. 1 im Juli 1956, Juni 1957, Juni 1959 mit 2,2 + 5,0 + 4,8, *zus. 12,0 dz* schwefels. Ammoniak (NsA).
Auf Parz 3 im Juli 1956, Juni 1957, Juni 1959 mit 3,2 + 6,5 + 6,4, *zus. 16,0 dz* Kalksalpeter (NKS).
Auf Parz. 4 im Juli 1956, Juni 1957, Juni 1959 mit 1,0 + 2,0 + 2,2, *zus. 5,4 dz* Harnstoff (NHar).
Die Grunddüngung mit 25,0 dz kohlens. Kalk u. 10 dz Thomasphosphat erfolgte im Oktober 1956.

Mit dieser Düngung, die sich auf die Meßflächen beschränkte, wurden folgende Mengen an Reinnährstoffen in kg je ha zugeführt:

| Parz. Nr. | Düngung | CaO | $P_2O_5$ | N |
|---|---|---|---|---|
| 3 | PCa NKS | 2150 | 150 | 250 |
| 1 | PCa NsA | 1700 | 150 | 250 |
| 4 | PCa NHar | 1700 | 150 | 250 |

*Die ertragskundlichen Ergebnisse* (s. Tab. 15)

Wie bei den Parallel-Versuchen beträgt die Beobachtungszeit 9 Jahre (Alter 72 - 81). Die 1. Periode umfaßt jedoch hier 5 Jahre (Juli 1956 bis August 1961), die 2. 4 Jahre (bis März 1966).

Die Bonitätsunterschiede sind gering. Nach der speziell bestimmten H0-Bonität ist die 0-Parzelle — übereinstimmend mit dem Befund von Dr. WERNER — um eine H0-Stufe begünstigt.

Die Bestockungsgrade lagen mit 1,05 bis 1,12 bei Versuchsbeginn relativ hoch.

Forstbezirk Dornstetten
Gemeindewald Hörschweiler

Tabelle 15

**Düngungsversuch Nr. 91. Ergebnisse 1956/65. Alter: 74 - 83**

Bonität im Alter 74: Fi ASSMANN-FRANZ: U 28 - 30 = dGz 8 - 9
Fi WIEDEMANN: = dGz 7 - 8

| Parz. Nr. | Düngung | Stand im Alter 74 n. Df. | | | | | Df.-Anfälle im Alter 75/83 | Alter 74 - 83 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | dg | hg | g | $V_7$ | | gm | ig (ursprünglich) | | | iv | | | |
| | | | | | | | | | $m^2$ | = % von 0-Parz | Pg | ur-sprgl. Vfm | berichtigt Vfm | berichtigt = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. berichtigt Vfm |
| | | | cm | m | $m^2$ | Vfm | Vfm | $m^2$ | | | % | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | – 0 – | 1570 | 19,0 | 20,7 | 43,9 | 463 | 83 | 42,8 | 0,719 | 100 | 1,68 | 11,1 | 11,1 | 100 | — |
| 3 | NsA PCa | 1665 | 18,4 | 19,9 | 44,3 | 463 | 116 | 44,0 | 1,153 | 160 | 2,62 | 17,8 | 18,4 | 166 | + 7,3 |
| 1 | NKs PCa | 1650 | 17,8 | 19,1 | 40,4 | 408 | 90 | 40,5 | 1,057 | 147 | 2,61 | 16,3 | 18,0 | 162 | + 6,9 |
| 4 | NHar PCa | 1780 | 17,6 | 19,1 | 42,2 | 416 | 87 | 42,4 | 1,072 | 149 | 2,53 | 16,4 | 17,7 | 159 | + 6,6 |

1961 war eine kräftige Niederdurchforstung unerläßlich, dadurch sanken die Bestockungsgrade auf 0,82 bis 0,88.

Bei der Anlegung war nur abgängiges Material entfernt worden (1 - 2 Vfm je ha). Sonstige Ausfälle entstanden in der Beobachtungszeit nicht.

Der *absolute Zuwachs* stieg hier im Gegensatz zu D. V. 96 und 97 von der 1. zur 2. Periode bei allen Parzellen an. Das kann — ähnlich wie bei D. V. 95 — daher rühren, daß zur Zeit der 2. Aufnahme im Aug. 1961 der Zuwachs des Vegetationsjahres 1961 noch nicht abgeschlossen war.

Die Zuwachssteigerungen der 3 Varianten sind höher als bei den Versuchen in Altensteig und differieren in beiden Perioden wenig voneinander.

Sie betragen bei:

| Parz. Nr. | Düngung | ursprünglich Vfm | ursprünglich % | berichtigt Vfm | berichtigt % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PCa NsA | + 6,7 | + 60 | + 7,3 | + 66 |
| 3 | PCa NKS | + 5,2 | + 47 | + 6,9 | + 62 |
| 4 | PCa NHar | + 5,3 | + 48 | + 6,6 | + 59 |

Allerdings wurden hier auch 50 kg N = 25 % *mehr* gegeben als auf den Versuchen Nr. 95 - 97.

In der prozentualen Mehrleistung deutet sich in der 2. Periode ein leichtes Absinken an.

*Ergebnisse von Zuwachsmessungen an Einzelbäumen*

Um einen Einblick zu bekommen, wie die Düngung auf den Durchmesser- und Höhenzuwachs gewirkt hat, wurden 1966 an 7 - 8 Durchforstungsstämmen je Parzelle die Höhentriebe und an 2 - 3 Stämmen je Parzelle der Durchmesserzuwachs an Stammscheiben aus 1,3 m Höhe gemessen. Die Auswertung erfolgte nach der von MITSCHERLICH u. WITTICH 1958 beschriebenen Methode, d. h. die Jahresmittelwerte der Zuwüchse *nach* der Düngung (hier: 1956 - 66) wurden in Prozent des Mittels der 8 Jahre *vor* der Düngung (hier: 1948 - 55) ausgedrückt. Danach wurden diese Relativwerte der gedüngten Parzellen in Prozent derjenigen der 0-Parzelle umgerechnet. Damit waren Einflüsse unterschiedlicher soziologischer Stellung weitgehend ausgeschaltet.

Die Ergebnisse sind in Abb. 9 aufgezeichnet. Trotz des geringen Materials zeigt sich eine überraschende Gleichläufigkeit der Zuwachssteigerung bei den 3 gedüngten Parzellen.

Sowohl Höhen- wie Durchmesserzuwachs nahmen nach der N-Düngung ab 1957 stetig zu bis zu einem Maximum im Jahr 1961, wobei die Steigerung beim Durchmesserzuwachs wesentlich größer war als beim Höhenzuwachs, dann folgte ein deutlicher Rückgang beim Höhenzuwachs auf unter 140 %, während sich der Durchmesserzuwachs bis 1966 auf über 200 % der 0-Parzelle hielt. Ein Zusammenhang zwischen Zuwachs und Jahresniederschlägen war nicht erkennbar.

6.32 *Der Düngungsversuch Nr. 92 im Staatl. Fbz. Dornstetten Gemeindewald Hörschweiler Distr. I Abt. 4.*

*Versuchsziel:* Ergänzung des D. V. 91, d. h. Wiederholung der NPCa-Düngung mit Kalksalpeter und Harnstoff in einem 83jährigen Fi-Bestand.

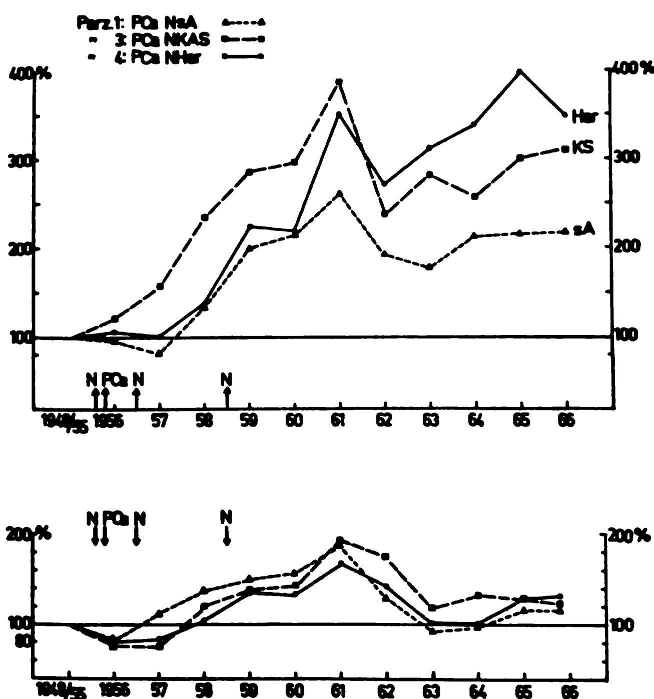



Abb. 9
D. V. Nr. 91: oben: Jährlicher Durchmesserzuwachs; unten: Jährlicher Höhenzuwachs der Jahre 1956/66 von Stämmen der gedüngten Parzellen Nr. 1, 3 und 4 in % der Zuwachsmittelwerte der 8 Jahre vor der Düngung (1948/55), bezogen auf die entsprechenden Relativwerte von Stämmen der 0-Parzelle

*Standort:* ca. 300 m ostwärts von D. V. 91.

*Boden:* wie D. V. 91, jedoch schwächere Rohhumusauflage (ca. 10 cm), (pH in KCl = 2,7). Nach Dr. H. WERNER sind die 3 Parzellen standörtlich vergleichbar, jedoch weist die 0-Parzelle höheren Lehmanteil auf.

*Bodenvegetation:* Moosschicht: 75% Hylocomium Schreberi, 15% Sphagnum, 10% Mastigobryum trilobatum, Hyloc. splendens, Hyloc. loreum.
Krautschicht: 70% Vaccinium myrtillus, vereinzelt aira flexuosa, Carex silvatica, Blechnum spicant.

*Bestand:* Reine Fichte aus Pflanzung 83jährig H0-Bonität U 28 - 29 = dGz 8.

*Versuchsanordnung:*

Angelegt gleichzeitig mit D. V. 91 mit 3 je 20 ar großen Parzellen, davon eine 0-Parzelle. Auch hier wurde zu gleichen Zeiten mit gleichen Düngerarten und -mengen und ebenfalls nur auf den Meßflächen gedüngt. Es erhielten somit:
Parz. 1 25,0 dz kohlens. Kalk 10,0 dz Thomasphosphat u. 16,0 dz Kalksalpeter (NKS),
Parz. 3 25,0 dz kohlens. Kalk 10,0 dz Thomasphosphat u. 5,4 dz Harnstoff (NHar).
Zugeführte Reinnährstoffe s. D. V. 91.

*Ertragskundliche Ergebnisse* (s. Tab. 16)

Die Beobachtungszeit und die Perioden sind gleich wie bei D. V. 91.

Die *Bonität* entspricht derjenigen von D. V. 91. Die Unterschiede zwischen den Parzellen sind unbedeutend.

Die *Bestockungsgrade* waren auch hier bei Versuchsbeginn hoch (0,98 - 1,08) und wurden mit der Durchforstung von 1961 auf 0,88 - 0,91 gesenkt. Bei der Anlegung waren nur 2 - 3 Vfm entnommen worden. Sonst waren keine Ausfälle zu verzeichnen.

Auch hier nahm der absolute Zuwachs von der 1. zur 2. Periode bei allen Parzellen zu. Die Ursache kann die gleiche sein wie bei D. V. 91.

Die *Mehrleistung* ist bei beiden Varianten absolut und prozentual geringer als bei D. V. 91, weil der iv der 0-Parzelle hier höher ist als dort. Das kann durch den oben erwähnten höheren Lehmanteil auf der 0-Parzelle bedingt sein.

Die prozentuale Mehrleistung stieg in der 2. Periode leicht an. In der gesamten Beobachtungszeit betrugen die Mehrleistungen bei:

| Parz. Nr. | Düngung | ursprünglich Vfm | ursprünglich % | berichtigt Vfm | berichtigt % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PCa NKS | + 5,3 | + 38 | + 5,7 | + 41 |
| 3 | PCa NHar | + 3,1 | + 22 | + 3,6 | + 26 |

6.4 Weitere Versuche auf mittlerem Buntsandstein.

6.41 *Der Düngungsversuch Nr. 72 im Städt. Forstbezirk Wildbad Distr. VI Abt. 10.11*

*Versuchsziel:* Erprobung der Düngung mit NPKCa in einer rauhen Hochlage des Einzelwuchsbezirks 2 „Enzhöhen".

*Standort:* Meereshöhe 910 m. Mittlere Jahresniederschläge 1320 mm. Mittlere Jahrestemperatur: 6,5° C. Eben bis leicht nach S - SO, O - NO geneigt.

*Boden:* Unter 10 - 15 cm Rohhumusauflage (pH in KCl = 2,7), folgt leicht gebleichter skelettreicher, schwachlehmiger Sand (15 cm), der in rotbraunen, lehmigen Sand übergeht, stellenweise staunaß und vergleyt. (Alte Entwässerungsgräben!)

*Bodenflora:* Moosschicht: Hylocomium loreum und H. splendens, Mastigobryum trilobatium, Dicranum scoparium. Vereinzelt: polytrichum commune, Sphagnum, leucobryum glaucum. Krautschicht: Vaccinum myrtillus. Vereinzelt: Aira flexuosa, Pteridium aquilinum.

*Bestand:* 80 - 110 durchschnittlich 98jähriger Fi-Bestand. Oberhöhenbonität, U 21/23 = dGz 4 - 5 mit 0 - 16% Ta und 1 - 19% Fo in Einzelmischung aus Naturverjüngung. Einige Lücken durch Windwurf. Astig, hohe Wurzelanläufe. Auf Parz. 1 alte Schälschäden bei 8% der Fi-Stammzahl.

*Versuchsanordnung:*

Es handelt sich um einen 1954 vom Forstamt angelegten Düngungs-Versuch mit den Varianten Ca und PKCa. 1954 wurden 5 Meßflächen mit je 25 ar und eine mit 20 ar angelegt. Durch Nachdüngung mit N im Jahr 1958 ergaben sich die Varianten Ca, NCa, PKCa und NPKCa. Eine weitere N-Düngung mit 500 kg NKAS auf Parz 1 u. 4 im Juni 1964 kann sich bis zur letzten Aufnahme im September 1964 noch nicht ausgewirkt haben. Tab. 17 zeigt Zeitpunkt, Art und Menge der zugeführten Düngemittel und Reinnährstoffe. Da der Kalk mit Gebläse ausgebracht wurde, sind die angegebenen Mengen nicht sicher, auch ist nicht ausgeschlossen, daß die 0-Parzellen etwas Kalk erhielten.

Forstbezirk Dornstetten
Gemeindewald Hörschweiler

**Tabelle 16**

**Düngungsversuch Nr. 92. Ergebnise 1956/65. Alter 83 - 92**

Bonität im Alter 83: Fi ASSMANN-FRANZ: U 28 - 29 = dGz 8
Fi WIEDEMANN: = dGz 7 - 8

| Parz. Nr. | Düngung | Stand im Alter 83 n. Df. n | dg cm | hg m | g $m^2$ | $V_7$ Vfm | Df.-Anfälle im Alter 84/92 Vfm | Alter 83 - 92 gm $m^2$ | ig (ursprünglich) $m^2$ | ig = % von 0-Parz. | ig Pg % | iv ursprgl. Vfm | iv berichtigt Vfm | iv berichtigt = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. berichtigt Vfm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | – 0 – | 1275 | 21,5 | 22,8 | 46,3 | 537 | 93 | 46,4 | 0,885 | 100 | 1,91 | 14,0 | 14,0 | 100 | — |
| 1 | NKS PCa | 1340 | 19,9 | 22,3 | 41,6 | 477 | 68 | 43,8 | 1,207 | 136 | 2,75 | 19,3 | 19,7 | 141 | + 5,7 |
| 3 | NHar PCa | 1250 | 20,7 | 22,2 | 42,1 | 475 | 73 | 43,6 | 1,077 | 122 | 2,47 | 17,1 | 17,6 | 126 | + 3,6 |

Tabelle 17

**Düngungsversuch Nr. 72**

**Zeit und Art der Düngung und zugeführte Reinnährstoffe**

| Parz. Nr. | Oktober 1953 dz | Juli 1958 dz | Reinnährstoffe kg/ha CaO | $P_2O_5$ | $K_2O$ | MgO | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | CaKK 35,0 | | 1750 | | | | |
| 4 | CaKK 35,0 | | 2200 | 150 | 84 | 30 | |
| | PT 10,0 | | | | | | |
| | KMg 3,0 | | | | | | |
| 1 | CaKK 35,0 | NKAS 5,0 | 1840 | | | | 110 |
| 3 | CaKK 35,0 | NKAS 5,0 | 2200 | 150 | 84 | 30 | 110 |
| | PT 10,0 | | | | | | |
| | KMg 3,0 | | | | | | |

*Ertragskundliche Ergebnisse*

Die Beobachtungszeit umfaßt 11 Jahre mit 2 Perioden 1953 - 59 und 1959 - 64, d. h. Alter 98 - 104 bzw. 104 - 109. Die ertragskundlichen Daten sind aus Tab. 18 ersichtlich.

Bei der Anlegung mußte viel abgängiges Material (34 - 69 Vfm/ha) entfernt werden. Sonst entstanden in der Beobachtungszeit nur geringe Ausfälle durch Sturm (3 - 8 Vfm). Die Bonität ist relativ einheitlich. Nur die höchst gelegene Parzelle 6 ist um eine dGz-Stufe geringer.

Die *Bestockungsgrade* bei Beginn betrugen 0,68 - 0,85 und zu Anfang der 2. Periode 0,70/0,85. Bei der Auswertung wurden Fi u. Ta zusammengefaßt. Bei dem geringen Zuwachs und der rauhen Rinde sind die Zuwachsberechnungen mit größeren Fehlern belastet. Auch wird der Zuwachsvergleich der Parzellen gestört durch die unterschiedlichen Anteile von Ta und Fo. Die pg-Werte der Ta sind durchweg höher, die der Fo niederer als diejenigen der Fi.

Bei den pg-Werten der Fi allein finden wir die gleiche steigende Folge der Varianten wie bei denen des Gesamtbestands, nämlich: Ca-PKCa-NPKCa-NCa. Nach 11 Jahren waren bei den Varianten mit N die Ausschläge in Anbetracht der geringen N-Gabe sehr deutlich, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt:

*Mehrleistungen der Varianten:*

| Parz. Nr. | Düngung | ursprünglich Vfm | ursprünglich % | berichtigt Vfm | berichtigt % |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | Ca | 0,5 | 7 | 1,5 | 22 |
| 4 | PKCa | 1,6 | 24 | 1,9 | 28 |
| 1 | NCa | 2,3 | 34 | 3,6 | 53 |
| 3 | NPKCa | 3,0 | 44 | 2,8 | 41 |

Forstbezirk Wildbad
Stadtwald

Tabelle 18

**Düngungsversuch Nr. 72. Ergebnisse 1953/64. Alter: Fi 98 - 109, Fo 85 - 96**

Bonität im Alter 98: Fi Assmann-Franz: U 21 - 23 = dGz 4 - 5
Fi Wiedemann: = dGz 5 - 6
85: Fo Wiedemann: = dGz 5 - 6

| Parz. Nr. Düngung | Baumart | Stand 1953 n. Df. n | dg cm | hg m | g m² | $V_7$ Vfm | Df.-Anfälle im Alter 99/108 Vfm | 1954 - 63 gm m² | ig (ursprünglich) m² | = % von 0-Parz. | Pg % | iv ursprgl. Vfm | berichtigt Vfm | = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. berichtigt Vfm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | Fi | 540 | 24,8 | 21,1 | 26,1 | 276 | 17 | 27,4 | 0,356 | | 1,30 | 5,3 | | | |
| – 0 – | Fo | 100 | 28,1 | 20,6 | 6,2 | 56 | 3 | 6,5 | 0,067 | | 1,04 | 1,1 | | | |
| | | 640 | | | 32,3 | 332 | 20 | 33,9 | 0,423 | | 1,25 | 6,4 | | | |
| 5 | Fi (Ta) | 620 | 25,8 | 20,7 | 32,3 | 333 | 16 | 34,1 | 0,478 | | 1,40 | 7,2 | | | |
| – 0 – | Fo | 8 | 25,5 | 21,4 | 0,5 | 5 | — | 0,5 | 0,009 | | 1,62 | 0,1 | | | |
| | | 628 | | | 32,8 | 338 | 16 | 34,6 | 0,487 | | 1,41 | 7,3 | | | |
| 2 + 5 | Fi (Ta) | 580 | | 20,9 | 29,2 | 305 | 17 | 30,7 | 0,417 | | 1,36 | 6,2 | | | |
| – 0 – | Fo | 54 | | 21,0 | 3,3 | 30 | 1 | 3,5 | 0,038 | | 1,09 | 0,6 | | | |
| | | 634 | | | 32,5 | 335 | 18 | 34,2 | 0,455 | 100 | 1,33 | 6,8 | 6,8 | 100 | — |
| 6 | Fi (Ta) | 512 | 26,2 | 21,4 | 27,6 | 293 | 18 | 29,4 | 0,492 | | 1,67 | 7,3 | | | |
| Ca | Fo | 8 | 22,7 | 20,1 | 0,3 | 3 | — | 0,3 | 0,004 | | 1,15 | — | | | |
| | | 520 | | | 27,9 | 296 | 18 | 29,7 | 0,496 | 109 | 1,67 | 7,3 | 8,3 | 122 | 1,5 |
| 4 | Fi (Ta) | 488 | 26,9 | 21,0 | 27,8 | 290 | 6 | 31,0 | 0,533 | | 1,72 | 7,8 | | | |
| PKCa | Fo | 40 | 30,9 | 21,2 | 3,0 | 30 | — | 3,3 | 0,040 | | 1,23 | 0,6 | | | |
| | | 528 | | | 30,8 | 320 | 6 | 34,3 | 0,573 | 126 | 1,67 | 8,4 | 8,7 | 128 | 1,9 |
| 1 | Fi | 668 | 22,2 | 18,4 | 25,8 | 243 | 20 | 27,5 | 0,569 | | 2,07 | 8,0 | | | |
| Ca | Fo | 116 | 24,0 | 18,9 | 5,3 | 46 | 3 | 5,9 | 0,070 | | 1,20 | 1,1 | | | |
| + N | | 784 | | | 31,1 | 289 | 23 | 33,4 | 0,639 | 140 | 1,91 | 9,1 | 10,4 | 153 | 3,6 |
| 3 | Fi (Ta) | 575 | 26,6 | 21,1 | 32,7 | 347 | 24 | 35,1 | 0,628 | | 1,79 | 9,5 | | | |
| PKCa | Fo | 25 | 30,1 | 21,0 | 1,8 | 17 | 7 | 1,6 | 0,016 | | 1,06 | 0,3 | | | |
| + N | | 600 | | | 34,5 | 364 | 31 | 36,7 | 0,644 | 142 | 1,75 | 9,8 | 9,6 | 141 | 2,8 |

6.42 *Der Düngungsversuch Nr. 80 im Staatl. Forstbezirk Klosterreichenbach Distr. I Abt. 21.*

*Versuchsziel:* Vergleich der Wirkung einer Düngung mit Müll und mit NPCa auf den Zuwachs eines 64jährigen Fi-Fo-Bestands.

*Standort:* Einzelwuchsbezirk: Hornisgrinde-Murg. Meereshöhe 650 m. Mittlere Jahresniederschläge 1427 mm. Durchschnittl. Jahrestemperatur 6,9° C, 30 - 40 % nach S - SO geneigter Hang auf mittlerem Buntsandstein - Hauptbuntsandstein (sm). *Standortseinheit* lt. Standortskarte: „Podsolierte Sommerhänge", d. h. grobkörniger, steinig blockiger, im Oberboden durchlässiger Sandboden mit deutlichem Podsolprofil, d. h. zusammenhängender Orterde- bis Ortsteinzone, hier in 30 - 40 cm Tiefe.

Wasserhaushalt: Ziemlich frisch, sommerlich austrocknend, 10 - 15 cm hohe Rohhumusauflage. 1966: pH in KCl = 2,5 nach Dr. EVERS. Bewurzelung vorwiegend oberhalb der Orterdezone.

*Bodenvegetation:* Moosschicht: Dicranum scoparium, Hylocomium splendens u. loreum. Vereinzelt: Mastigobryum trilobatum, Leucobryum glaucum. Krautschicht: Vaccinium myrtillus, etwas Deschampsia flexuosa und Pteridium aquilinum.

*Bestand:* Fi-Fo-Bestand, vermutlich aus Pflanzung. Fi 64-jährig, meist im Unter- und Zwischenstand (76 - 83 % der Stammzahl). Bonitierung daher unsicher: U 21 - 23 = dGz 4 - 5. Fo 60-jährig im Oberstand, schlechtrassig, gleichmäßig verteilt. Bonität dGz 5 - 6 (WIEDEMANN). Zwischen den Parzellen sind keine Bonitätsunterschiede erkennbar. Die Anteile der Fo am Derbholzvorrat betrugen 1954: 54 - 62 %, an der Stammzahl jedoch nur 18 - 26 %.

*Versuchsanordnung:*

Im Jahr 1954 wurden im Auftrag der Forstdirektion Südwürttemberg-Hohenzollern im staatlichen Forstbezirk Klosterreichenbach vom Forstamt zusammen mit der Versuchsanstalt in 8 verschiedenen Abteilungen 1,2 bis 4,8 ha große Flächen für versuchsweise Behandlung mit Müll ausgewählt und markiert. Bei der vorliegenden Fläche konnte neben einer 0-Parzelle noch eine Parzelle mit NPCa-Düngung angelegt werden. Die 3 je 25 ar großen Parzellen liegen nebeneinander auf gleicher Höhe am Hang.

Art und Zeit der Düngung und damit zugeführte Reinnährstoffe zeigt folgende Zusammenstellung:

| Parz. Nr. | Zeit | Düngemittel | | Reinnährstoffe in kg/ha | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Art | Menge | N | $P_2O_5$ | CaO | $K_2O$ |
| 1 | IX. 1954 | Müll | 50 m³ | 170 | 180 | 500 | 90 |
| 3 | I. 1955 | Kohlens. Kalk | 30 dz | | | 1500 | |
| | | Hyperphos | 10 dz | | 290 | | |
| | VII. 1955 | Schwefels. Ammoniak | 9 dz | 189 | | | |
| | VI. 1959 | Kalkammonsalpeter | 10 dz | 210 | | 180 | |
| 3 | zus.: | | | 399 | 290 | 1680 | |

Bei dem Müll handelte es sich um nicht gesiebten „Stadtkompost" von Baden-Baden, der frei Wald zu 9,— DM je cbm geliefert wurde und vom Weg ab mühsam mit Körben und Tragbahren in den Bestand geschafft werden mußte, was je nach Gelände 5 - 18 Arbeitsstunden je cbm erforderte. Dr. SCHAIRER, welcher den Müll untersuchte und die Ergebnisse freundlicherweise zur Verfügung stellte, bemerkte dazu: „Der Müll zeigt mit einem pH von 7,9 eine schwach alkalische Reaktion. Seine Totalsorptionskapazität ist mit T = 10.6 etwa die eines lehmigen Sands. Sie ist 100%-ig mit Basen gesättigt. Der Gehalt an organischer Substanz beträgt 11,4 %."

Nach der rotbraunen Farbe zu schließen, enthielt der Müll viel Asche. Außerdem war unzersetzliches Material aus Glas, Plastik usw. bis zu Austernschalen beigemengt, so daß die Müllfläche zunächst einen unschönen Anblick bot. Nach ca. 10 Jahren war jedoch alles von Nadelstreu und Moos überdeckt.

*Ertragskundliche Ergebnisse* (Tab. 19)

Die Beobachtungszeit umfaßt 9 Jahre (1954 - 63). Anläßlich von Schneedruckschäden mußte der Versuch schon im Frühjahr 1958 wieder aufgenommen werden. Die Ergebnisse sind aus Tab. 19 ersichtlich. Eine Berichtigung auf die *Bonität* der 0-Parzelle war nicht nötig. Der Einfluß unterschiedlicher *Vorratshaltung* der Parzellen auf den Zuwachs wurde nach dem früher (HAUSSER 1961) beschriebenen Verfahren für beide Baumarten gesondert korrigiert (Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen gm u. iv). Die berichtigten iv-Werte der Parzellen stehen im gleichen %-Verhältnis zueinander wie die pg-Werte.

*Der Schneedruck vom Februar 1958* entnahm vom Vorrat 1957 (v. Df.) folgende %-Sätze an Stammzahl (n), Grundfläche (g) und Derbholz ($V_7$):

| Baumart | Parz. Nr. | Düngung | n % | g % | $V_7$ % |
|---|---|---|---|---|---|
| Fi | 2 | – 0 – | 6 | 6 | 6 |
| | 1 | Müll | 8 | 7 | 7 |
| | 3 | NPCa | 6 | 6 | 5 |
| Fo | 2 | – 0 – | 36 | 31 | 31 |
| | 1 | Müll | 33 | 27 | 25 |
| | 3 | NPCa | 47 | 41 | 39 |

Die Anfälle bei der *Fi* waren unbedeutend und differierten wenig zwischen den Parzellen. Dagegen wurde die Fo sehr stark betroffen. Die NPCa-Parzelle 3 verlor an Stammzahl und Volumen erheblich mehr als die dichter bestockten Parzellen 1 und 2. Es ist nicht sicher, ob das auf die N-Düngung zurückzuführen ist, denn auf der weniger geschädigten Müllparzelle war der Zuwachs der Fo so groß wie auf Parz. 3. Eher dürfte die etwas mehr nach SO geneigte Lage der Parz. 3 Ursache des höheren Schneedruckschadens sein.

Der Schneedruck hat die 1954 vorhandene Abstufung der Vorräte der gedüngten Parzellen gegenüber der 0-Parzelle bei der Fi nicht wesentlich verändert.

Bei der *Fo* waren auch *nach* dem Schneedruck die Unterschiede zwischen den Parzellen in Stammzahl und Grundfläche nicht belangvoll (90 - 104 % der entsprechenden Werte der 0-Parzellen).

*Der Zuwachsverlauf:*

Die Zuwachswerte der ersten nur 3-jährigen Periode sind vor allem bei der Fo mit großer Unsicherheit belastet. Bei Fi und Fo zeigte sich schon in der 1. Periode eine hohe Zuwachssteigerung der beiden gedüngten Parzellen gegenüber – 0 –.

In der zweiten 6-jährigen Periode stieg der *Zuwachs der Fi* auf allen 3 Parzellen weiter an. Bei den reichlichen Niederschlägen dürfte dies kaum witterungsbedingt sein, sondern daher rühren, daß die Fi auf die starke Verminderung des Fo-Bestands dankbar reagierte. Der *Zuwachs der Fo* ging dagegen auf beiden gedüngten

Tabelle 19

**Düngungsversuch Nr. 80. Ergebnisse 1954/63. Alter: Fi 64 - 73, Fo 60 - 69**

Bonität im Alter 64: Fi ASSMANN-FRANZ: U 21 - 23 = dGz 4 - 5
Bonität im Alter 64: Fi WIEDEMANN: = dGz 4 - 5
Bonität im Alter 60: Fo WIEDEMANN: = dGz 5 - 6

| Parz. Nr. Düngung | Baumart | Stand 1954 n. Df. | | | | | Schneedruck-Anfall 1957 | 1954 - 63 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | n | dg | hg | g | $V_7$ | | gm | ig (ursprünglich) | | | iv | | | |
| | | | | | | | | | $m^2$ | = % von 0-Parz. | Pg | ursprgl. Vfm | berichtigt Vfm | berichtigt = % von 0-Parz. | Mehr gegen 0-Parz. berichtigt Vfm |
| | | | cm | m | $m^2$ | Vfm | Vfm | $m^2$ | | | % | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | Fi | 1864 | 11,3 | 11,1 | 17,2 | 87 | 5 | 18,1 | 0,456 | 100 | 2,52 | 5,8 | 5,8 | 100 | |
| – 0 – | Fo | 432 | 23,0 | 16,2 | 17,9 | 133 | 45 | 15,6 | 0,349 | 100 | 2,24 | 4,8 | 4,8 | 100 | |
| | | 2296 | | | 35,1 | 220 | 50 | 33,7 | 0,805 | 100 | 2,39 | 10,6 | 10,6 | 100 | |
| 1 | Fi | 1916 | 12,2 | 11,8 | 19,4 | 112 | 10 | 22,2 | 0,896 | 196 | 4,04 | 11,4 | 9,2 | 159 | 3,4 |
| Müll | Fo | 432 | 22,4 | 16,0 | 16,5 | 130 | 38 | 15,6 | 0,468 | 134 | 3,00 | 6,4 | 6,4 | 133 | 1,6 |
| | | 2348 | | | 35,9 | 242 | 48 | 37,8 | 1,364 | 169 | 3,61 | 17,8 | 15,6 | 147 | 5,0 |
| 3 | Fi | 1368 | 12,2 | 12,0 | 14,3 | 88 | 5 | 16,5 | 0,774 | 170 | 4,68 | 9,8 | 10,8 | 186 | 5,0 |
| NPCa | Fo | 480 | 22,0 | 16,9 | 18,2 | 142 | 63 | 15,0 | 0,446 | 128 | 2,97 | 6,1 | 6,3 | 131 | 1,5 |
| | | 1848 | | | 32,5 | 230 | 68 | 31,5 | 1,220 | 152 | 3,87 | 15,9 | 17,1 | 161 | 6,5 |

Parzellen, besonders auf der Müll-Parzelle zurück, bei der 0-Parzelle stieg er geringfügig. Das ist als Folge des Ausfalls von 27 - 41 % der Grundfläche anzusehen, wobei mancher Stamm mit weniger beschädigter Krone belassen wurde, der aber im Zuwachs geschwächt war. Für die gesamte 9-jährige Beobachtungszeit ergaben sich folgende berichtigte Mehrleistungen der Düngungsvarianten:

| | | |
|---|---|---|
| *Parz. 1 Müll:* | Fi | = + 3,4 Vfm = + 59 % |
| | Fo | = + 1,6 Vfm = + 33 % |
| | zus. | = + 5,0 Vfm = + 47 % |
| *Parz. 3 NPCa:* | Fi | = + 5,0 Vfm = + 86 % |
| | Fo | = + 1,5 Vfm = + 31 % |
| | zus. | = + 6,5 Vfm = + 61 % |

Die Mehrleistung der Fi ist somit nicht alleinige Folge der Düngung, sondern auch ein Lichtungseffekt, während bei der Fo ein durch Schneedruck reduzierter Düngungseffekt vorliegt.

Wie aus der Analyse hervorgeht, wurden mit dem Müll gegenüber der NPCa-Düngung relativ geringe Mengen an Nährstoffen zugeführt. Trotzdem zeigten Fi und Fo eine erhebliche Zuwachssteigerung nach der Müllzufuhr, vermutlich weil diese die Wasserhaltung in dem „sommerlich austrocknenden" grobsandigen Oberboden verbessert und u. a. dank ihres hohen pH-Werts die Rohhumusauflage biologisch aktiviert hat.

Die Mülldüngung kommt wegen der hohen Transport- und Ausbringungskosten in diesem Gelände für die Praxis nicht in Frage. *Der Wert dieses Versuchs liegt darin, daß er trotz der Störung durch Schneebruch gezeigt hat, wie dankbar auf dem vorliegenden, großflächig vertretenen Standort des mittleren Buntsandsteins Fi und Fo auf eine NPCa-Düngung reagieren.*

### 6.5 Stickstoff-Steigerungsversuche

Da 1952, als die ersten 4 Versuchsreihen angelegt wurden, in Süd-Württemberg Erfahrungen über die Wirkung von Stickstoff auf den Bestandes-Zuwachs fehlten, sollte geprüft werden, ob größere auf einmal gegebene N-Mengen für die Bäume schädlich sind. Daher wurden im Juni 1954 direkt neben den Versuchen Nr. 58 und 71 in gleichartigen Beständen 9 je 2 ar große N-Steigerungs-Parzellen angelegt, von denen jeweils 3 mit 10 bzw. 20 und 40 dz NKAS je ha d. h. mit 200, 400 und 800 kg N/ha (– ohne PCa –) gedüngt wurden. Auch bei der höchsten Gabe zeigten sich keinerlei Schädigungen.

Zwar sind die Parzellen für exakte Zuwachsvergleiche zu klein, immerhin ergab der Vergleich der pg-Werte dieser Steigerungs-Parzellen mit denen der nächst gelegenen 0-Parzellen im 1. - 5. Jahr eine Mehrleistung von *28 - 55 %*, die im 6. - 9. Jahr auf 11 - 31 % und im 10. - 13. Jahr auf + 1 / — 2 % zurückging.

Die durch einmalige N-Düngung bewirkten Mehrleistungen zeigten also den gleichen Verlauf wie auf den N-Parzellen der Hauptversuche. Vom 1. - 9. Jahr lagen die $N_{40}$-Parzellen an der Spitze. Im Durchschnitt der 13-jährigen Beobachtungszeit waren die pg-Werte bei $NKAS_{10}$ um $\frac{5-28}{15}$ %, bei $NKAS_{20}$ um $\frac{14-23}{17}$ % und bei $NKAS_{40}$ um $\frac{10-37}{24}$ % größer als diejenigen der 0-Parzellen.

Die Frage der optimalen N-Mengen auf den wichtigsten Standorten sollte durch weitere Versuche geklärt werden.

Gelegentlich der maschinellen Ausbringung von Stickstoff tauchte in verstärktem Maß die Befürchtung auf, die dabei möglichen starken Dosierungen könnten den Bäumen schaden. Daher wurde im Frühjahr 1966 neben der 0-Parzelle 12 des D. V. 60 in einem 60-jährigen Fichtenbestannd mit unterständigen Buchen ein weiterer Stickstoff-Steigerungsversuch mit 5 je 2 ar großen Parzellen angelegt. Er enthält folgende Varianten:

Parzelle 17: 1 600 kg Reinstickstoff je ha in Form von 7 270 kg NKAS (22 % N)

Parzelle 18: 3 200 kg Reinstickstoff je ha in Form von 14 540 kg NKAS (22 % N)

Parzelle 19: 800 kg Reinstickstoff je ha in Form von 1 740 kg NHar (46 % N)

Parzelle 21: 1 600 kg Reinstickstoff je ha in Form von 3 480 kg NHar (46 % N)

Auch auf diesem Versuch war bis heute nicht der geringste Schaden an den Bäumen festzustellen. An Ende 1968 zur Nadel-

Tabelle 20
**Düngungsversuche Nr. 58, 71, 59, 60**
**Durchschnittliche Mehrleistungen der Varianten während der ersten 13 Jahre**

| Düngung | | Ca | | PCa | | N | | NCa | | NPCa | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jährlicher Mehrertrag | Vfm | ursprüngl. 1,9 | berichtigt 1,8 | ursprüngl. 3,0 | berichtigt 2,7 | ursprüngl. 3,5 | berichtigt 3,3 | ursprüngl. 4,4 | berichtigt 5,1 | ursprüngl. 5,8 | berichtigt 6,1 |
| | % von 0 | 14 | 14 | 22 | 21 | 25 | 24 | 32 | 38 | 43 | 46 |
| Parz. Anzahl | | 7 | | 7 | | 3 | | 7 | | 7 | |

untersuchung entnommenen Probestämmen war allerdings auch keine Zuwachssteigerung erkennbar. Über die Ergebnisse der Boden- und Nadeluntersuchungen wird Dr. EVERS in einer besonderen Arbeit berichten.

### 7.0 Zusammenfassende Besprechung der Ergebnisse

7.1 Die Nährstoffmangelversuche auf oberem Buntsandstein

Faßt man die Ergebnisse der gleichzeitig angelegten und beobachteten 4 Nährstoffmangelversuche Nr. 58, 71, 59 und 60 *während der ersten 13 Jahre* zusammen, so ergeben sich die in Tab. 20 verzeichneten *durchschnittlichen Mehrleistungen der Varianten* gegenüber den zugehörigen 0-Parzellen. Daß die berichtigten Mittelwerte bei Ca und PCa kleiner, bei NCa und NPCa größer als die ursprünglichen Werte sind, rührt daher, daß bei der Versuchsanlegung die ersteren Varianten auf die bonitätsmäßig besseren, die letzteren auf die geringeren Flächenteile gelegt wurden (s. Abschnitt 2.0).

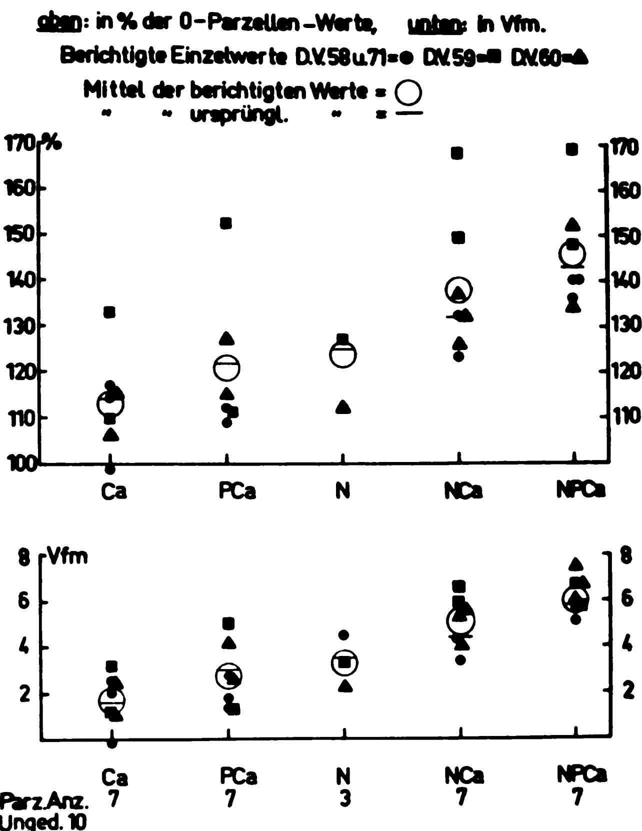



Abb. 10
D. V. Nr. 58, 71, 59, 60: Jährliche Mehrerträge der Varianten in den ersten 13 Jahren

Abb. 10 zeigt die berichtigten Einzel- und Mittelwerte der jährlichen Mehrerträge der Varianten absolut und in % der 0-Parzellen. Ihre Abstufung entspricht der bei den einzelnen Versuchen fast ausnahmslos gefundenen Folge von Ca-PCa-N-NCa-NPCa.

Inwieweit die Differenzen der mittleren iv-Werte der Varianten dieser 4 Versuche nach dem t-Test gesichert sind, ist aus Tab. 21 ersichtlich.

Tabelle 21
**Ergebnisse des t-Tests**

| Düngung | Ca | PCa | N | NCa | NPCa |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | — | + | — | ++ | ++ |
| Ca | — | — | — | + | ++ |
| PCa | — | — | — | — | + |

Zuwachsunterschied nicht gesichert: —
gesichert P = 5 %: +
gesichert P = 1 %: ++

Demnach bestehen gesicherte Unterschiede zwischen 0 und PCa, NCa, NPCa ferner zwischen Ca und NCa, NPCa sowie zwischen PCa und NPCa. Daß die zweifellos vorhandene Mehrleistung der N-Düngung nach dem t-Test nicht gesichert ist, liegt an der geringen Zahl der N-Parzellen.

Für die genannten 4 Parallelversuche wurden ferner *die durchschnittlichen Mehrleistungen der Varianten in den einzelnen Perioden* absolut und in % des iv der 0-Parzellen in Abb. 11 dargestellt.

Die der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichneten Einzelwerte streuen stark. Der Verlauf der Mittelwerte spiegelt jedoch deutlich die Tendenzen der Varianten:

Wir finden bei Ca eine langsame, bei PCa eine besonders im 9.-13. Jahr stärkere Zunahme des Mehrertrags. Damit wird erneut die schon früher bei anderen Versuchen auf Buntsandstein

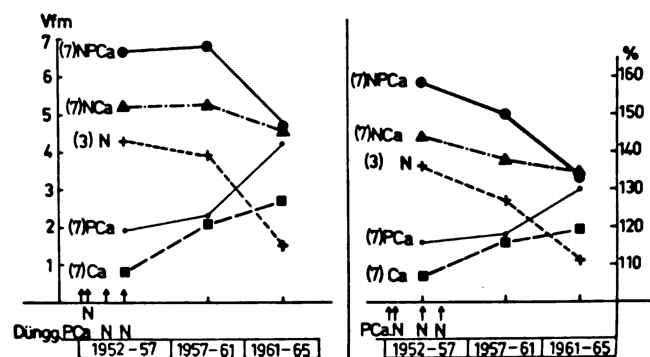



Abb. 11
D. V. Nr. 58, 71, 59, 60: Verlauf der durchschnittlichen jährlichen Mehrerträge in den 3 Perioden
links: in Vfm, rechts: in % des iv der 0-Parzellen
( ) = Anzahl der Parzellen

festgestellte (HAUSSER-SCHAIRER 1954) und von WITTICH 1969 am D. V. 58 auch durch Nadelanalysen geklärte nachhaltige Wirkung der PCa-Düngung auf Buntsandstein bestätigt.

Die leider nur mit 3 Parzellen vertretene reine N-Düngung mit 3 x 4,0 dz Kalkammonsalpeter zeigt nach einem Maximum im 1. - 5. Jahr in der 2. Periode einen langsamen und im 9. - 13. Jahr einen rascheren Abfall. Die Zuwachssteigerung ist ca. 10 Jahre nach der letzten N-Gabe zu Ende. Auch die N-Steigerungsversuche (s. Abschnitt 6.5) zeigen diesen Zuwachsverlauf.

In Schweden fand TAMM ebenfalls eine ca. 10jährige N-Wirkung bei Fichte (lt. pers. Mitteilung 1970).

Bei NCa und NPCa bleiben die Mehrleistungen in der 1. und 2. Periode ziemlich gleich und sinken in der 3. Periode infolge des Aufhörens der N-Wirkung ab. Der Zuwachsrückgang wird aber hier offenbar aufgefangen durch die Auswirkungen der durch Ca bzw. PCa bewirkten biologischen Aktivierung des Humus, so daß auch im 9. - 13. Jahr die Mehrleistungen mit 4 - 5 Vfm (= 20 - 40 %) noch sehr befriedigend sind.

### 7.2 Die NPCa- bzw. Stickstofformen-Vergleichsversuche auf oberem und mittlerem Buntsandstein

In den Versuchen Nr. 95 - 97 und 91 - 92 sollte sowohl die *NPCa-Düngung auf weiteren, besseren und geringeren Standorten,* als auch die *Wirkung verschiedener N-Düngemittel* erprobt werden.

In *Abb. 12* sind die Einzel- und Mittelwerte der berichtigten jährlichen Mehrleistungen nach 9jähriger Laufzeit gesondert nach N-Düngemitteln und nach Lage auf oberem (so) oder mittlerem (sm) Buntsandstein dargestellt. Dabei muß der größere Altersrahmen (bei Beginn Alter 49 - 92) und die Beimischung von Ta auf D. V. 96 und 97 mit in Kauf genommen werden.

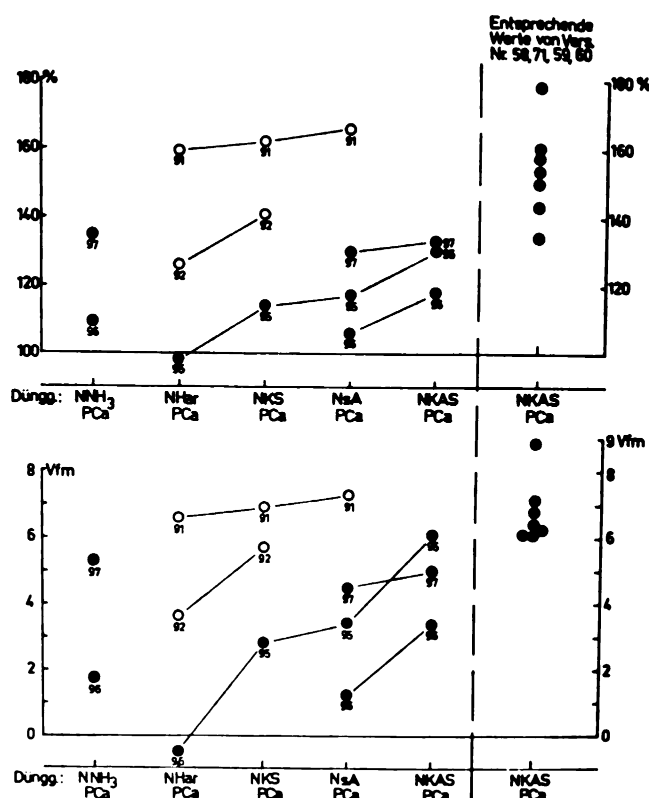



Abb. 12
Jährliche Mehrerträge der N-Formenvergleichsversuche in den ersten 9 Jahren in Vfm und in % des iv der 0-Parzellen:
Vers.-Nr. 91/92 auf sm = ○
Vers.-Nr. 95/97 auf so = ●

Da nicht auf jedem Versuch alle N-Düngemittel vertreten sind, eignen sich die durchschnittlichen Mehrerträge der einzelnen N-Düngemittel nicht für einen Wirkungsvergleich. Dieser ist nur möglich auf Grund der innerhalb der einzelnen Versuche festgestellten Differenzen der Mehrerträge. Wie aus Abb. 12 zu ersehen ist, zeigen sich in allen 5 Versuchen folgende gleichsinnige Tendenzen:

Die absoluten und prozentualen Mehrerträge gegen 0 steigen bei Versuch Nr. 95 in der Folge von NHar – NKS (+ 16 %) – NsA (+ 3 %) – N KAS (+ 13 %), im ganzen von N-Har zu NKAS um 32 % gegen 0. Diese Folge wird ohne Ausnahme von den 4 anderen Versuchen bestätigt, nämlich bezüglich

NHar – NKS von den Versuchen Nr. 91 u. 92
NKS – NsA von den Versuchen Nr. 91
NsA – NKAS von den Versuchen Nr. 96 u. 97.

Im Durchschnitt stiegen somit die prozentualen Mehrleistungen gegen 0

von NHar zu NKS um 11 %
von NKS zu NsA um 3 %
von NsA zu NKAS um 9 %

d. h. im Durchschnitt von NHar zu NKAS um 23 % gegen 0.

Diese behelfsweise berechneten Unterschiede können jedoch nicht als gesichert angesehen werden. Zudem ist bei Versuch Nr. 95 die Differenz NHar – NKS mit Vorbehalt zu behandeln, da dort die NHar-Parzelle versehentlich anstatt 200 kg N nur 184 kg N erhalten hat. Die Wirkung der nur auf den Versuchen Nr. 96 und 97 erprobten $NNH_3$-Düngung entsprach etwa derjenigen von NsA und NKAS.

In Schweden stellten CARBONNIER u. a. 1969 fest, daß NHar weniger wirksam sei als NKS und N KAS. Bei uns hat sich die Praxis inzwischen überwiegend für Kalkammonsalpeter entschieden.

In Abb. 12 fällt weiter auf, daß auf den ärmeren Böden des mittleren Buntsandsteins (D. V. Nr. 91 u. 92) die Mehrleistungen wesentlich höher sind als auf den nährstoffreicheren Böden des oberen Buntsandsteins (D. V. Nr. 95 u. 97). Das gilt allerdings mit einer gewissen Einschränkung, denn die Versuche Nr. 91 und 92 haben 1956, 1957 und 1959 zusammen 250 kg N je ha, die Versuche Nr. 95 - 97 1956 und 1957 zusammen dagegen nur 200 kg N bzw. die Harnstoff-Parzelle des D. V. 95 nur 184 kg N — also 20 bzw. 26 % weniger N erhalten. Die Leistungsdifferenzen sind jedoch so groß, daß nur ein Bruchteil davon auf die Unterschiede in der N-Zufuhr zurückgeführt werden kann. Sehr wahrscheinlich hätte man mit NKAS auf mittlerem Buntsandstein eine noch größere Zuwachssteigerung erzielt.

Schließlich sind in Abb. 12 rechts die entsprechenden, d. h. ebenfalls aus 9jähriger Beobachtung stammenden Werte der NKAS-Parzellen der sämtlich auf oberem Buntsandstein gelegenen Versuche Nr. 58, 71, 59, 60 eingetragen, welche 240 kg (D. V. 71 = 310 kg) N erhalten haben.

Ihre Mehrleistungen liegen mit durchschnittlich + 6,8 Vfm bzw. + 54 % deutlich über denen der allerdings nur mit 200 kg N gedüngten NKAS-PCa-Parzellen der standörtlich besseren Altensteiger Versuche Nr. 95 - 97, wobei ihre Beobachtungszeit die niederschlagsärmeren Jahre 1953 - 61 umfaßt, während diejenige der letzteren Versuche in die regenreichere Periode von 1957 - 65 fällt.

### 7.3 Mehrleistung und Bonität

Zwischen den Mehrleistungen der ersten 9 Jahre der NPCa-Parzellen aller eben besprochenen Versuche und den H0-Bonitäten der zugehörigen 0-Parzellen ist nur ein schwacher Zusammenhang erkennbar, dagegen zeigt Abb. 13 eine straffe Beziehung zwischen den absoluten und prozentualen Mehrerträgen der NPCa-Par-

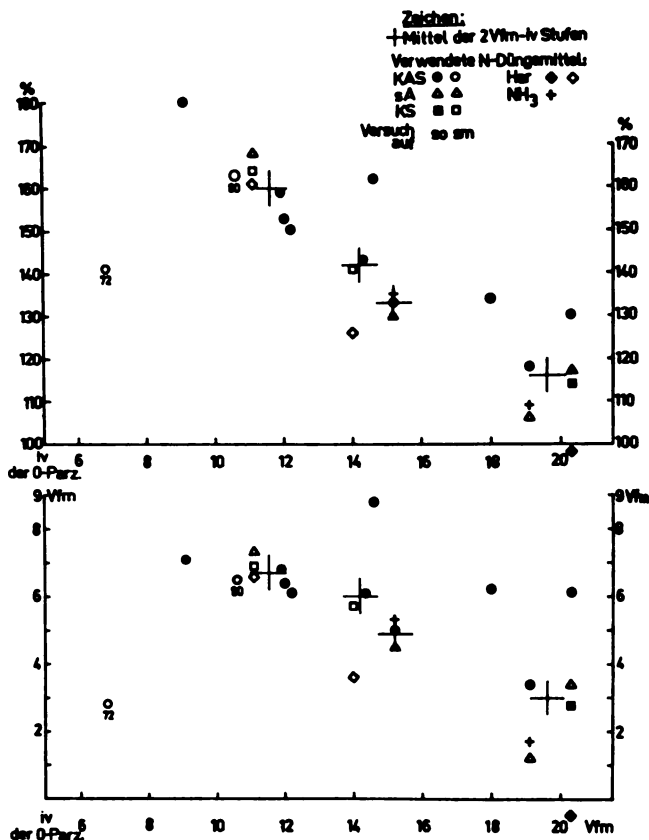


Abb. 13
Jährliche Mehrerträge der NPCa-Parzellen aller Versuche in den ersten 9 Jahren über den iv-Werten der 0-Parzellen in Vfm und in % des iv der 0-Parzellen

zellen und dem laufenden Zuwachs der zugehörigen 0-Parzellen. Je geringer der laufende Zuwachs ist, desto größer sind die durch Düngung erzielten Mehrerträge. Auch bei allen anderen Varianten zeigt sich diese Beziehung, wenn auch weniger straff.

Es leuchtet ein, daß zwischen den in 50 - 80 Jahren erwachsenen Oberhöhen bzw. den daraus abgeleiteten Bonitäten und den kurzfristig schwankenden iv-Werten bzw. iv-Differenzen der letzten 9 Jahre die Beziehungen nicht so deutlich sein können wie diejenigen zwischen den iv-Werten der nicht gedüngten und gedüngten Parzellen der letzten 9 Jahre.

Die Werte der Versuche Nr. 72 und 80 wurden in Abb. 13 nur zur Orientierung eingezeichnet aber bei der Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt, da diese Versuche nach Standort bzw. Bestockung zu sehr von den übrigen Versuchen abweichen.

## 8.0 Die Wirtschaftlichkeit der Bestandesdüngung

### 8.1 Der Wert des Mehrzuwachses

Der erntekostenfreie Wert des Zuwachses bzw. des durch Düngung erzielten Mehrzuwachses wurde in der in der Arbeit von 1969 geschilderten Weise für die Forstwirtschaftsjahre 1966, 1968 und 1969 auf der Basis der Durchschnittserlöse und Werbungskosten in Südwürttemberg-Hohenzollern Lohngebiet I berechnet. In den Werbungskosten sind Zuschläge für Schwierigkeit von 10 % (1969 = 15 %), für Soziallasten von 80 %, für Anrücken von 20 % (1969: für Rücken und Poltern 4,80 - 5,50 DM je Efm) enthalten. Die durchschnittlichen Brutto- und erntekostenfreien Erlöse der Hauptsortimente im Forstwirtschaftsjahr 1969 sind in *Tabelle 22* verzeichnet.

Abb. 14 zeigt die erntekostenfreien Werte je Vfm der Bestandesvorräte der Versuche Nr. 58, 71, 59, 60, aufgetragen über den

Tabelle 22
**Durchschnittliche Brutto- und Netto- (= erntekostenfreie) Erlöse für die Hauptsortimente je Efm o. R. bzw. je Stück im Forstwirtschaftsjahr 1969 — Lohngebiet I**

| Sortiment | Meßzahl % | Erlöse Brutto DM | Erlöse Netto DM |
|---|---|---|---|
| Stangen | 225 | 1,12 / 7,87 | — 0,51 / 3,10 |
| Gerüststangen | 190 | 9,50 | 3,89 |
| Grubenlangholz | | | |
| Ø 7 - 10 cm | 153 | 46,— | 0,07 |
| Ø 10 - 15 cm | | | 12,33 |
| Ø 15 - 20 cm | | | 18,45 |
| Stammholz | | | |
| Klasse 1 | 200 | 58,— | 25,03 |
| Klasse 2 | | 64,— | 40,34 |
| Klasse 3 | | 72,— | 52,46 |
| Klasse 4 | | 80,— | 63,16 |
| Klasse 5 | | 92,— | 76,69 |
| Klasse 6 | | 100,— | 85,10 |
| Faserholz | | | |
| Klasse A - C | | 42,— | 4,89 |
| Brennholz | | 28,60 | — 0,41 |

Inhalten der Massenmittelstämme (vm) bzw. den Durchmessern der Grundflächenmittelstämme (dg) für die Forstwirtschaftsjahre 1966, 1968, 1969. Zur Ergänzung wurden besonders im stärkeren Bereich entsprechende Werte von Düngungsversuchen in Oberschwaben und von Fichtenertrags- und Durchforstungsvergleichs-Flächen verwendet.

Der Zusammenhang zwischen vm und Wert je Vfm ist oberhalb des Bereichs der Stangen sehr straff und wird von Bonität und Bestockungsgrad kaum beeinflußt. Mittels dieser Kurven lassen sich die Werte der Bestandesvorräte und der Zwischennutzungen leicht und mit großer Sicherheit bestimmen.

So ergaben sich z. B. bei der Ermittlung des Werts je Vfm iv bei den 0- und NPCa-Parzellen des Versuchs Nr. 58 nur Differenzen von $\frac{-\ 7 \text{ bis } +\ 3}{-\ 2{,}5}$ % zu den durch spezielle Sortimentierung und Berechnung gefundenen Werten.

Der Verlauf der vm-Wertkurven wird bedingt durch die Relationen der Sortimentspreise und Werbungskosten. 1968 war er wegen der gedrückten Stammholzpreise (154 % der Meßzahlen) sehr flach, trotzdem waren die durch Düngung erzielten Überschüsse noch befriedigend (Hausser 1969). 1966 stieg die Kurve vom Schwachholz zum Stammholz (219 % der Meßzahlen) steil an. Die Entwicklung unserer Versuche (außer Nr. 96 u. 97) liegt im steilsten Teil der Kurven, d. h. unterhalb von vm 0,5 Vfm bzw. dg 24 cm.

Wie schon 1969 erwähnt, sind die speziell berechneten Wertzuwüchse der einzelnen Parzellen z. T. wegen der differierenden Bonitäten und Bestockungsgrade nicht exakt vergleichbar, weil man bonitätsmäßig bedingte unterschiedliche Sortimentsanteile nicht berichtigen kann. Daher und um keinesfalls zu hohe Werte zu bekommen, wurde in dem nachfolgenden Vergleich der Wert des berichtigten Mehrzuwachses der Varianten mit dem Mittel des Werts von 1 Vfm Zuwachs der 0-Parzellen der Versuche Nr. 58, 59 und 71, nämlich mit rd. *50,— DM* berechnet. Die Einzelwerte dieser 0-Parzellen lagen zwischen 44,— und 54,— DM.

Dieser Wertzuwachs setzt sich bekanntlich zusammen aus dem Wert des zugewachsenen Volumens und der Wertsteigerung, welche

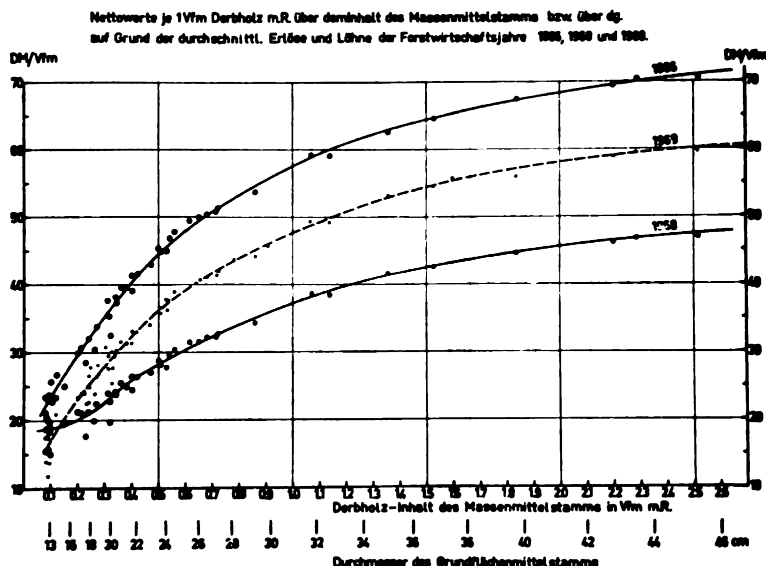



Abb. 14
Erntekostenfreie Werte je Vfm der Bestandesvorräte über den Inhalten der Massenmittelstämme bzw. über dg auf Grund der durchschnittlichen Erlöse und Löhne der Forstwirtschaftsjahre 1966, 1968 und 1969. Aus „Holz-Zentralblatt", Stuttgart, 1970, Nr. 34

der gesamte Vorrat durch Einwachsen in wertvollere Sortimente bzw. durch Herauswachsen aus geringerwertigen Sortimenten erfährt. Letztere Wertzunahme betrug in unseren Beispielen in 13jähriger Beobachtungszeit, bezogen auf den Ausgangswert, zwischen 40 und 60 % des gesamten Wertzuwachses.

### 8.2 Die Kosten der Düngung

Die nachstehende Tab. 23 gibt Aufschluß über die Kosten der auf den genannten Versuchen angewandten Düngung bei maschineller Ausbringung einschließlich Transport und Mehrwertsteuer im Jahr 1969 bei Waggonbezug frei Station Freudenstadt.

### 8.3 Vergleich von Düngungskosten und Wert des Mehrertrags

In Tab. 24 sind die durchschnittlichen Mehrerträge der Varianten der bei Versuchsbeginn 66jährigen Versuche Nr. 58, 71 u. 59 nach 13jähriger Beobachtung (Nr. 71 nur 12 Jahre) und deren erntekostenfreie Werte (50,— DM je Vfm) nach dem Preis- und Lohnstand des Forstwirtschaftsjahres 1969 den Kosten der Düngung gegenübergestellt.

Rechnet man ohne Zinseszinsen, so werden die Kosten der Düngung bei allen Varianten nach 2 - 3 Jahren bereits durch den Wert des Mehrertrags übertroffen (Tab. 24, Sp. 14). Die teuerste Düngung mit NPCa (= 782,— DM) lieferte den größten Überschuß

Tabelle 23
**Kosten der Düngung**

| Düngemittel | Mengen je ha kg | Preis je 100 kg DM | Preis zus. DM | Transport u. Ausbringen je 100 kg DM | Transport u. Ausbringen zus. DM | Ges.-kosten je ha DM |
|---|---|---|---|---|---|---|
| kohlens. Kalk | 2000 | 3,70 | 74,— | 5,77 | 115,— | 189,— |
| Thomasphosphat | 1000 | 9,43 | 94,— | 5,77 | 58,— | 152,— |
| 15 % $P_2O_5$ | | | | | | 341,— |
| Kalkammonsalpeter | 1200 | 26,08 | 313,— | 10,66 | 128,— | 441,— |
| (23 % N) | | | | | | 782,— |

(Sp. 11 = Wert des Mehrzuwachses — Kosten der Düngung). Er betrug nach 13 Jahren das 3,8fache des Aufwands. 1 Vfm Mehrzuwachs kostete bis dahin 10,40 DM.

An 2. und 3. Stelle stehen die Überschüsse der NCa- und N-Parzellen, wobei man sich bei N darüber klar sein muß, daß die Mehrleistung in der 3. Periode ausgeklungen ist, während sie bei den andern Varianten weiter anhält (s. Abschnitt 7.0).

PCa und Ca folgen mit deutlichem Abstand an 4. und 5. Stelle. Die auf diesen Parzellen beobachtete langsame Zuwachssteigerung von der 1. zur 3. Periode läßt, besonders bei PCa, künftig einen wachsenden Überschuß erwarten.

Unterstellen wir, daß der Düngungsaufwand nach 5 Jahren aus den Erlösen der Durchforstung zurückbezahlt und bis dahin mit 5 % verzinst werden soll, so müßten die in Sp. 9 unter b) aufgeführten Beträge getilgt werden. Da die Durchforstungsanfälle auf den gedüngten Parzellen der durch Schneedruck nicht gestörten Versuche fast durchweg größer und wertvoller waren als auf den 0-Parzellen (vgl. HAUSSER-WITTICH 1969) und ihre erntekostenfreien Erlöse mit je Vfm 24/28,— DM die Kosten der Düngung weit übersteigen, dürfte die Finanzierung auf diese Weise keine Schwierigkeiten machen.

### 9.0 Zusammenfassung und Schluß

1. Es wird berichtet über die ertragskundlichen Ergebnisse von 7 Düngungsversuchen zu 45 - 80jährigen Fichtenbeständen sowie von 4 Versuchen zu 65 - 100jährigen Fichten-Tannen- und Fichten-Kiefernbeständen auf oberem und mittlerem Buntsandstein des Württembergischen Schwarzwalds.

Die Versuchsanordnung, die Methoden der Aufnahme und Auswertung, insbesondere die Art der Berechnung des Volumenzuwachses und der Ausschaltung von Unterschieden in Bonität und Bestockungsgrad zwischen den Vergleichsparzellen werden dargelegt.

2. In 4 gleichzeitig angelegten, *13 Jahre lang beobachteten Nährstoffmangelversuchen* zu 45 - 66jährigen Fichten auf oberem Buntsandstein (D.V. 58, 71, 60, 59) ergaben sich bei den Varianten folgende *durchschnittliche jährliche Mehrerträge* in Vfm Derbholz m. R.:

Tabelle 24

**Kosten der Düngung und erntekostenfreier Wert des Mehrertrags nach 13 Jahren**

Mittelwerte der Versuche Nr. 58, 59, 71

| Düngung | Parz. Anzahl | Jährlicher Zuwachs Vfm | Jährlicher Zuwachs % von 0-Parz. | Mehrzuwachs in 1 Jahr Vfm *) | Mehrzuwachs in 1 Jahr Wert DM | Mehrzuwachs in 13 Jahren Vfm | Mehrzuwachs in 13 Jahren Wert DM | Kosten d. Düngung im Ganzen DM a) wirkl. b) Nachwert nach 5 Jahren DM | Kosten d. Düngung je Vfm Mehrzuwachs DM | Überschuß nach 13 Jahren im Ganzen DM | Überschuß nach 13 Jahren = % der Düngungskosten | Überschuß jährlich DM | Die Kosten der Düngung entsprechen dem Wert des Mehrertrags von x Jahren a) b) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| – 0 – | 7 | 12,9 | 100 | | | | | | | | | | |
| Ca | 5 | 14,7 | 114 | 1,8 | 90,— | 23,4 | 1170,— | a) 189,— b) 241,— | 8,1 | 981,— | 520 | 75,— | a) 2,1 b) 2,7 |
| PCa | 5 | 15,3 | 119 | 2,4 | 120,— | 31,2 | 1560,— | a) 341,— b) 435,— | 10,9 | 1219,— | 357 | 94,— | a) 2,8 b) 3,6 |
| N | 2 | 16,8 | 130 | 3,9 | 195,— | 50,7 | 2535,— | a) 441,— b) 563,— | 8,7 | 2094,— | 475 | 161,— | a) 2,3 b) 2,9 |
| NCa | 4 | 17,9 | 139 | 5,0 | 250,— | 65,0 | 3250,— | a) 630,— b) 804,— | 9,7 | 2620,— | 416 | 201,— | a) 2,5 b) 3,2 |
| NPCa | 5 | 18,7 | 145 | 5,8 | 290,— | 75,4 | 3770,— | a) 782,— b) 998,— | 10,4 | 2988,— | 383 | 230,— | a) 2,7 b) 3,4 |

*) Die Angaben über den Mehrzuwachs stimmen nicht genau mit denen in der Arbeit Hausser 1969 überein, weil damals die Berichtigungen noch nicht ganz durchgeführt waren.

Ca = (7 Parzellen) : + 1,8 Vfm = + 14 %
PCa = (7 Parzellen) : + 2,7 Vfm = + 21 %
N = (3 Parzellen) : + 3,3 Vfm = + 24 %
NCa = (7 Parzellen) : + 5,1 Vfm = + 38 %
NPCa = (7 Parzellen) : + 6,1 Vfm = + 46 %

Der durchschnittliche iv der 10 ungedüngten Parzellen betrug 13,8 Vfm.

Verwendet wurden bei Ca = 2000 kg kohlens. Kalk im 1. Jahr, bei P = 1000 kg Thomasphosphat im 1. Jahr, bei N = 3 x 400 kg Kalkammonsalpeter im 1. - 3. Jahr.

3. In den 3 Aufnahmeperioden zeigte sich folgender *Verlauf der durchschnittlichen Mehrleistungen*: Vom 1. - 5. zum 9. - 13. Jahr bei Ca ein langsamer Anstieg von 7 auf 19 %, bei PCa eine raschere Zunahme von 16 auf 30 %. Bei N sank die Mehrleistung von 36 % in der ersten Periode auf 11 % in der 3. Periode. Ebenso finden wir bei NCa bzw. NPCa ein Absinken von der 1. zur 3. Periode aber nur von 44 bzw. 58 % auf 34 bzw. 33 %.

4. In 5 ebenfalls gleichzeitig angelegten Versuchen zu 49 - 83-jährigen Fichten- und 77 - 92jährigen Fichten-Tannenbeständen wurde die *NPCa-Düngung auf geringeren* (mittlerer Buntsandstein D. V. 91 u. 92) *und auf besseren Standorten* (oberer Buntsandstein D. V. 95 - 97) erprobt und gleichzeitig versucht, die *Wirkung verschiedener N-Düngemittel* zu prüfen. Die 5 Versuche enthalten zusammen 5 ungedüngte und 15 NPCa-Parzellen.

Die Düngung bestand aus 2500 kg kohlensaurem Kalk, 1000 kg Thomasphosphat und in 3 Versuchen aus 200 kg N, in 2 Versuchen aus 250 kg N in Form von Ammoniakgas, Harnstoff, Kalksalpeter, schwefelsaurem Ammoniak und Kalkammonsalpeter.

Nach 9jähriger Beobachtung waren die Mehrerträge gegen 0 auf den geringeren Standorten des mittleren Buntsandsteins mit jährlich $\frac{3{,}6 / 7{,}3}{6{,}0}$ Vfm bzw. $\frac{26 / 66}{51}$ % wesentlich größer als auf den nährstoffreicheren Böden des oberen Buntsandsteins, wo sie nur $\frac{-0{,}5 / +6{,}1}{4{,}7}$ Vfm bzw. $\frac{-2 / 35}{27}$ % betrugen.

In den Mehrerträgen der erprobten N-Düngemittel zeigte sich unabhängig vom Standort eine steigende Folge von Harnstoff-Kalksalpeter-Schwefelsaurem Ammoniak-Kalkammonsalpeter. Bei Ammoniakgas war die Zuwachssteigerung etwa gleich wie bei schwefelsaurem Ammoniak und Kalkammonsalpeter. Versuchsanordnung und Ergebnisse reichen jedoch nicht aus für eine gesicherte Aussage über die unterschiedliche Wirkung dieser Düngemittel auf den Zuwachs.

5. Die durch Düngung bewirkten Mehrerträge sanken mit steigender *H0-Bonität* bei großer Streuung nur leicht ab. Dagegen war die Beziehung zwischen Mehrleistung und laufendem Zuwachs der zugehörigen 0-Parzellen sehr straff.

6. In einem 64jährigen Fichten-Kiefern-Bestand auf einem Südhang des mittleren Buntsandsteins (D. V. 80) erzielte eine NPCa-Düngung in den ersten 9 Jahren einen jährlichen Mehrertrag von + 5,0 Vfm = 47 % und die Zufuhr von 50 cbm *Stadtkompost* brachte einen solchen von + 6,5 Vfm = + 61 %. Der Stadtkompost enthielt weniger Nährstoffe als die NPCa-Düngung, dürfte dafür die Wasserhaltung verbessert haben.

7. In *Stickstoff-Steigerungsversuchen* auf Kleinparzellen mit bis zu 3200 kg Reinstickstoff je ha wurde keinerlei Schädigung an 60 - 80jährigen Fichten und Buchen beobachtet.

8. Drei Versuche erlitten während der Beobachtungszeit *Schneedruckschäden*. Bei zwei dieser Versuche (D. V. 59 u. 60) in reinen 47jährigen Fichten- bzw. 68jährigen Fichten-Tannen-Beständen waren die auf den Bestandesvorrat bezogenen Ausfallprozente an Volumen auf den Ca- und PCa-Parzellen um 2 - 3 %, auf den N-, NCa- und NPCa-Parzellen um 2 - 6 % höher als auf den 0-Parzellen. Bei dem dritten Versuch (D. V. 80), in einem 66jährigen Fichten-Kiefernbestand, waren die Ausfälle auf den gedüngten Parzellen teils geringer, teils größer als auf der 0-Parzelle.

9. Untersuchungen von W. Bilger auf D. V. 59 und Dr. G. Ronde-Traitteur auf D. V. 96 bestätigten die auf D. V. 58 gefundenen engen Beziehungen zwischen Kalkzufuhr, *pH-Wert und*

*Regenwurmbesatz* sowie die durch die NPCa-Düngung bewirkte starke Zunahme der Arten- und Individuenzahlen der Kleintiere.

10. Um *die betriebswirtschaftlichen Erfolge* der Düngungsvarianten zu prüfen, wurden für die 3 gleich alten und gleich behandelten Versuche Nr. 58, 71 und 59 nach dem Preis- und Lohnstand des Forstwirtschaftsjahres 1969 aus den Differenzen der erntekostenfreien Werte der Vorräte zu Anfang und Ende der Beobachtungszeit einschließlich der Zwischennutzungen die Werte des Zuwachses bzw. Mehrzuwachses berechnet. Dabei erwies sich die straffe Beziehung Wert je Vfm und Inhalt der Massenmittelstämme der Bestandesvorräte oberhalb des Bereichs der Stangen als wertvolle Hilfe.

11. Der Vergleich des erntekostenfreien Werts des Mehrzuwachses mit den Kosten der Düngung ergab, daß bei allen Varianten der Aufwand für die Düngung bereits nach 2 - 3 Jahren durch den Wert des Mehrertrags übertroffen wurde. Den größten Überschuß mit jährlich 230,— DM lieferte die NPCa-Düngung (Kosten = 782,— DM). Die Überschüsse der übrigen Varianten stuften sich in der dem geringeren Mehrzuwachs entsprechenden Folge nämlich NCa-N-PCa-Ca ab.

Auch bei 5%iger Verzinsung der Düngungskosten konnten diese aus den Erlösen der größeren und wertvolleren Durchforstungserträge der gedüngten Parzellen zum großen Teil schon nach 5 Jahren getilgt werden.

*Auf den untersuchten Standorten hat somit die NPCa-Düngung in 50 - 80jährigen Fichten- und Tannen-Fichtenbeständen die größte Zuwachssteigerung an Volumen und Wert gebracht und sich als eine Investition von hoher Wirtschaftlichkeit erwiesen, wie es in der Forstwirtschaft nur wenige gibt.*

Eine Durchleuchtung der Ergebnisse mit modernen mathematisch statistischen Methoden fehlt leider. Für die Sicherheit der festgestellten Mehrleistungen und Entwicklungstendenzen muß neben einem t-Test die große Zahl der gleichsinnigen Reaktionen der Bestände bürgen.


### Summary

Title of the paper: *Fertilizer trials in 45 to 90 yrs Norway Spruce and Silver Fir-Norway Spruce stands in the Württemberg Black Forest on Upper Variegated Sandstone.*

Design and results of 11 trials with 70 plots after 9, resp. 13 yrs observation are reported. 4 parallel nutrient deficiency trials in 45 to 66 yrs Norway spruce with 41 plots and 13 yrs observation application of 2 t/ha calcium carbonate, 1 t/ha basic slag, 1.2 t/ha calcium ammonium nitrate singly or in combination produced the following increases of yield over the 13.8 m³/ha/yr yield in the control:

| Application | Plots | Increase m³/ha/yr | Increase % of control |
|---|---|---|---|
| Ca | 7 | 1.8 | 14 |
| P Ca | 7 | 2.7 | 21 |
| N | 3 | 3.3 | 24 |
| N Ca | 7 | 5.1 | 38 |
| N P Ca | 7 | 6.1 | 46 |

The yield increases culminated toward the end of the period in the Ca- and P Ca-series, and during the first five yrs in the N-containing series.

In 5 additional trials in pure spruce and mixed spruce-fir stands, 49 - 92 yrs, increases were larger on poorer sites (6 m³ = 51 %) than on good sites (4.7 m³ = 27 %). Calcium ammonium nitrate yielded 20 % more increase than urea.

The yield increases correlate well with the iv of the controls but poorly with the height site class.

Application of up to 3.2 t/ha N (calcium ammonium nitrate) had no adverse effects on a 60 - 80 yrs spruce-beech stand.

Snow damage and fertilizing did not correlate significantly.

City compost (50 m³/ha) increased iv by 6.5 m³/yr (61 %) in a 64 yrs spruce-pine stand.

The money value of yield increases exeeded fertilizing costs already after 2 to 3 yrs. The largest increase was in NPCa with 230 DM/ha in 66 yrs spruce per year (prices and wages of 1969). Fertilizing in spruce-fir stands, 50 - 80 yrs old, on the test sites proved a very profitable investment.

E. F. B.



### Résumé

Titre de l'article: *Expériences de fertilisation sur des peuplements d'épicéas et des peuplements mélangés sapins-épicéas âgés de 45 à 90 ans sur le buntsandstein moyen et supérieur de la Forêt Noire Wurttembergeoise.*

1. Des indications sont d'abord fournies sur le dispositif expérimental, les méthodes de mesures, l'interprétation des résultats et sur les procédés retenus pour éliminer les différences dues à la fertilité des stations et à la densité des peuplements. Sont donnés ensuite les résultats des études de production dans 11 expériences de fertilisation; les peuplements d'épicéa ou mélangés sapin-épicéa étaient âgés de 45 à 100 ans et installés sur le Buntsandstein; il y avait au total 70 parcelles expérimentales qui furent suivies pendant 9 ans ou pendant 13 ans.

2. Dans 4 dispositifs de fertilisation installés simultanément dans des peuplements d'épicéas âgés de 45 à 66 ans et comprenant au total 41 parcelles d'expériences, les gains moyens de production furent les suivants au cours de 13 années suivant l'application des traitements =

| Fertilisation | Nb de parcelles | Gain de production en m³ | % par rapport aux témoins |
|---|---|---|---|
| Ca | 7 | 1.8 | 14 |
| P Ca | 7 | 2.7 | 21 |
| N | 3 | 3.3 | 24 |
| N Ca | 7 | 5.1 | 38 |
| N P Ca | 7 | 6.1 | 46 |

Dans les 10 parcelles témoins, l'accroissement annuel moyen ressortait à 13,8 m³.

Les doses d'engrais ci-dessous avaient été utilisées:

Ca : 2 000 kg de $CO_3Ca$

P : 1 000 kg de Phosphate THOMAS
— dans ces deux cas, application unique la lère année.

N : 3 x 400 kg d'ammonitrate de Ca — application au cours des trois années.

3. Suivant les périodes, les gains de production évoluèrent comme suit:

De la période 1 à 5 ans à la période 9 à 13 ans, augmentation de 7 à 19 % pour la fumure calcique et de 16 à 30 % pour la fumure phospho-calcique. Dans le cas de la fumure azotée pure, après avoir atteint le maximum de 36 % au cours de la première période, on retombe à 11 % au cours de la troisième. Pour les fumures associées N Ca et N P Ca, les gains atteignirent respectivement 44 et 58 % au cours de la première périod pour revenir à 34 et 33 % au cours de la troisième.

4. Dans cinq autres expériences portant sur des peuplements d'épicéa ou mélangés épicéa sapin âgés de 49 à 92 ans, on a étudié l'effet d'une fumure N P Ca sur des stations moins bonnes ou meil-

leures, ainsi que l'influence de la forme sous laquelle l'N était apporté.

Au bout de 9 ans, le gain de production annuel était nettement plus important sur les stations médiocres. 6 m³, soit 51 % — que sur les stations plus fertiles. 4,7 m³ soit 27 %. Le gain de production obtenu avec l'ammonitrate de Ca est supérieur de 20 % à celui obtenu avec l'urée.

5. La corrélation est bonne entre le gain de production et l'accroissement annuel des parcelles témoins, mais faible entre ce même gain de production et la fertilité des stations caractérisée par la hauteur.

6. Un peuplement mélangé épicéa-hêtre ne souffrit aucun dommage de l'apport de 3 200 kg d'N à l'ha sous forme de ammonitrate de Ca.

7. Aucune relation entre la résistance de dégâts dus à la neige et la fertilisation ne peut être mise en évidence.

8. L'apport de 50 m³ de «compost d'ordures ménagères» dans un peuplement mélangé épicéa-pin sylvestre, conduisit à un gain de production annuel moyen de 6,5 m³ — soit 61 % — au cours des 9 années suivant l'application du traitement.

9. Dans tous les cas, dès la 2ème ou la 3ème année la valeur du gain de production est supérieur au coût de la fertilisation. Le bénéfice maximal est obtenu avec la fumure NPCa.

Dans un peuplement d'épicéa âgé de 66 ans, il s'établit sur la moyenne des 13 années suivant le traitement à 230 DM par ha et par an, ceci sur la base des prix et des salaires de 1969.

10. Sur les stations étudiées, la fertilisation de peuplements mélangés sapin-épicéa âgés de 50 à 80 ans représente un investissement hautement rentable sur le plan économique, comme on en rencontre peu en économie forestière. J. M.

### Literatur

ALTHERR, E.: Beiträge zum Schwachholzproblem im Fichtenbetrieb. AFJZ S. 53, 1965. — Arbeitsgemeinschaft Forstdüngung: Empfehlungen für das Planen, Anlegen, Behandeln und Auswerten forstlicher Düngungsversuche. AFJZ Heft 6, 1969. — ASSMANN, E.: Waldertragskunde. 1950. — ASSMANN, E.: Düngung und Melioration von Waldbeständen in ertragskundlicher Sicht. AFZ. Nr. 16/17, 1965. — ASSMANN, E., und FRANZ, F.: Vorläufige Fichtenertragstafel für Bayern. 1963. — BILGER, W.: Die Beeinflussung des Regenwurmbesatzes in Waldböden durch Düngungsmaßnahmen. Zulassungsarbeit zur wissenschaftlichen Prüfung für das Lehramt an Gymnasien 1965. Vgl. Mitt. des Vereins für Forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Nr. 18, 1968. — CARBONNIER, EBELING, HANSSON, HOLMEN u. TAMM: Fertilizing forest on mineral ground. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 5, S. 236 ff., 1969. — DINKELAKER, H.: Die Auswirkung unterschiedlicher Grundflächenhaltung auf die Umrechnung von Grundflächenzuwachs in Volumenzuwachs in Fichtenbeständen. AFJZ Heft 11, 1965. — EH, H., und DINKELAKER, H.: Die 1947 von Zimmerle für zwei Altersklassen aufgestellten Fichtenmassentafeln, zusammengefaßt und auf drei Dezimalen erweitert. AFJZ Heft 3, 1964. — FRANZ, F.: Auswertung von Düngungsversuchen mit unterschiedlicher Bestockungsdichte bei Versuchsbeginn. Forstw. Cbl. 3/4, 1965. — FRANZ, F.: Düngungsversuche und ihre ertragskundliche Interpretation. Bericht über das Kolloquium für Forstdüngung, Jyväskylä Finnland. Internat. Kali-Institut, Bern, 1967. — HAUSSER, K., und SCHAIRER, E.: Ergebnisse von Düngungs- und Meliorationsversuchen in Südwürttemberg. Mitt. der Württ. Forstl. Versuchsanstalt. Band X/1, 1954. — HAUSSER, K.: Ertragssteigerung in der Forstwirtschaft durch mineralische Düngung. Tellus-Verlag, 1956. — HAUSSER, K.: Ergebnisse von Düngungsversuchen zu 50/70-jährigen Fichtenbeständen auf oberem Buntsandstein des Württ. Schwarzwalds. AFJZ Heft 11, 1961. — HAUSSER, K., und WITTICH, W.: Ergebnisse eines Düngungsversuchs zu 66-jähr. Fichten auf einem typischen Standort des oberen Buntsandsteins im Württ. Schwarzwald. AFJZ Heft 2/4, 1969. — HAUSSER, K.: Die Wirtschaftlichkeit der Düngung von Fichtenbeständen. Holzzentralblatt Nr. 34, 1970. — KENNEL, R.: Genauigkeit von Kluppung und Umfangmessung nach einem Vergleichsversuch. Forstw. Cbl. 7/8, 1959. — KENNEL, R.: Ertragskundliche Ergebnisse neuer Dauerdüngungsversuche. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns. 36. Heft, 1967. — MITSCHERLICH, G., und WITTICH, W.: Düngungsversuche in älteren Beständen Badens. AFJZ Heft 8/9, 1958. — PRODAN, M.: Messung der Waldbestände. J. D. Sauerländers Verlag, Frankfurt/M., 1951. — REHFUESS, K. E.: Möglichkeiten und Ziele der Forstdüngung. Forstw. Cbl. Heft 1, 1969. — SCHILLING, O.: Sortentafel für die Holzart Fichte, hergeleitet nach Schaftkurven für $\lambda$ = 0,550. AFJZ S. 207, 1960. — SCHLENKER, G.: Zur Wuchsbezirksgliederung in Südwürttemberg-Hohenzollern. AFJZ Nr 20, 1963. — SCHÖPFER, W.: Automatisierung der Massen-, Sorten- und Wertberechnung stehender Waldbestände. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. Band 21, 1966. — SEIBT, G., und WITTICH, W.: Ergebnisse langfristiger Düngungsversuche im Gebiet des nordwestdeutschen Diluviums und ihre Folgerungen für die Praxis. Schriftenreihe der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen. Band 27/28, 1965. — TAMM, C. O.: Some experiences from forest fertilization trials in Sweden. Silva Fennica 117, 1965. — TRAITTEUR-RONDE, G.: Bodenzoologische Untersuchungen von Stickstoff-Formen-Vergleichsversuchen in Baden-Württemberg. AFJZ Heft 12, 1961. — ULRICH, B.: Bodenbearbeitung und Düngung unter dem Gesichtspunkt der Waldernährung. AFZ Nr. 31, 1968. — WIEDEMANN, E.: „Ertragstafel für Fichte, mäßige Durchforstung" in den Hilfstabellen für die Forsteinrichtung, herausgegeben von der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. 1966. 1936/42. — ZIMMERLE, H.: Beiträge zur Biologie der Fichte in Württemberg. Mitt. der Württ. Forstl. Versuchsanstalt. Band VIII, 1943. — ZÖTTL, H.: Düngung und Feinwurzelverteilung in Fichtenbeständen. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns. 34. Heft, 1964.

## Buchbesprechungen und Notizen

### BUCHBESPRECHUNGEN

**Funktionelle Histologie der sekundären Sproßachse; I. Das Holz, Handbuch der Pflanzenanatomie.** Von H. J. BRAUN. Band IX, 2. Aufl., 190 S., 212 Abb. und 3 Ausschlagtafeln, Verl. Gebr. Bornträger, Berlin und Stuttgart, 1970, Ganzl. DM 104,—.

Im Rahmen der 2. und völlig neu bearbeiteten Auflage des von W. ZIMMERMANN, P. OZENDA und H. D. WULFF herausgegebenen „Handbuchs der Pflanzenanatomie" hat Professor Dr. H. J. BRAUN, Direktor des Instituts für Biologische Holzforschung der Universität Freiburg i. Brsg., die Bearbeitung der funktionellen Histologie der sekundären Sproßachse übernommen. Er hat dieses Vorhaben in zwei Teile gegliedert, und zwar in den ersten Teil „Das Holz" und den zweiten Teil „Der Bast und die Abschlußgewebe". Der erste Teil „Das Holz" liegt nunmehr vor und verdient sowohl vom Inhalt als insbesondere der Gliederung und Bewältigung des Stoffs her die besondere Aufmerksamkeit der Holzforschung.

BRAUN, ein Schüler BRUNO HUBERS, dem er den vorliegenden ersten Band seiner Gesamtdarstellung auch widmete, hat dessen 1961 erschienene „Gründzüge der Pflanzenanatomie" vom Ansatz her erheblich weiterentwickelt. Bemühte sich vor einem knappen Jahrzehnt bereits HUBER, das Auftreten z. B. der Holz- und Rindenstrahlen zu systematisieren, so hat sich BRAUN mit der einfachen Beschreibung anatomischer Strukturen der sekundären Sproßachse nicht zufriedengegeben. Er hat sich vielmehr bemüht, „die anatomischen Strukturen so darzustellen, daß der Organismus als eine Ganzheit im Vordergrund steht, in der Strukturen und Funktionen untrennbar miteinander verbunden sind". Der Verfasser ging weiter davon aus, daß der histologisch-funktionelle Aufbau eines Organs oder Organteiles im Sinne einer modernen physiologischen Pflanzenanatomie nur dann voll überschaubar ist, wenn alle Komponenten in Betracht gezogen werden, die ihn charakterisieren: die ontogenetische Entwicklung, die Strukturen der einzelnen Gewebe, die Korrelationen und Kombinationen der Gewebe, die Grundzüge ihrer wichtigsten funktionellen Aufgaben und die Dauer ihrer Funktionsfähigkeit. Eben diesen Abhängigkeiten hat H. J. BRAUN im letzten Jahrzehnt eingehende Untersuchungen gewidmet und es ist außerordentlich interessant, seine Einsichten nunmehr zusammenhängend dargestellt zu finden.

Im einzelnen ist das Buch wie folgt eingeteilt: Unter der Kapitelüberschrift „Das axiale Holz" werden zunächst in systematischer Folge die einzelnen Gewebearten für sich vorgestellt. Das trachei-

dale Gewebe, Holzfasern und Gefäße, Strangparenchym und Mark finden hier ihre genaue Darstellung. Danach beschreibt BRAUN drei histologische Bautypen, und zwar zunächst solche mit tracheidalem Grundgewebe, zu denen naturgemäß die Gymnospermen, aber auch verschiedene Baumarten aus dem Bereich der Angiospermen gehören, wie z. B. der Fagus sylvatica-Bautyp. Die zweite Bautypenreihe ist die mit einem Tracheiden-Holzfaser-Grundgewebe und hier finden wir z. B. den Quercus robur- und den Ulmus laevis-Bautyp. Die letzte Typenreihe zeichnet sich durch ein Holzfaser-Grundgewebe aus und umfaßt u. a. den Aesculus hippocastanum-Bautyp und den Fraxinus excelsior-Bautyp. Abschnitte über die hydrophysiologischen Funktionstypen und schließlich die Organisation der Funktionssysteme (Hydrosystem und andere Funktionssysteme wie z. B. das Festigungssystem) runden dieses Kapitel ab.

In ähnlicher Weise verfährt der Verfasser bei der Beschreibung der Holzstrahlen: Nach Darlegung von deren Entstehung und Entwicklung werden sie in vier Typengruppen mit jeweils mehreren Untertypen eingeordnet, wobei als Haupttypen die Kontakt-Holzstrahlen der Gymnospermae, die Kontakt-Holzstrahlen der Angiospermae, die Kontakt-Isolations-Holzstrahlen der Angiospermae und schließlich die Isolations-Holzstrahlen der Angiospermae gelten. Eine eingehende Begründung der physiologischen Bedeutung der Kontakt-Isolations-Differenzierung und der Merkmale der Organisation der Holzstrahlen schließen dieses Kapitel ab. Ein kurzes drittes und letztes Kapitel ist dem Verhalten der Funktionssysteme mit dem Altern gewidmet. Der Anhang enthält Tabellen der histologischen Bautypen des axialen Holzes und der Typen der Holzstrahlen, sowie ein Literatur- und Sachregister. Das Verständnis der Darlegungen des Verfassers wird dem der deutschen Sprache nicht mächtigen Leser wesentlich erleichtert durch die Beigabe eines englischen Inhaltsverzeichnisses und einer englischen Übersetzung aller Bild- und Tabellenunterschriften.

Nimmt man das Buch als Ganzes, dann ist zunächst das Bemühen des Verfassers um Systematisierung einer sehr komplizierten Materie zu loben. Selbst der Nichtbotaniker findet sich infolge der klaren Gliederung schnell zurecht und begegnet dem, was er als Information benötigt, meist auf Anhieb. Zur Verdeutlichung der Darstellung tragen 50 Mikrophotographien, vor allem aber über 150 sehr anschauliche Zeichnungen wesentlich bei. Abbildungen auf 3 Ausschlagtafeln verdeutlichen vor allem die abstrakt nicht leicht faßbaren Organisationsstufen und Organisationsreihen des Hydrosystems (Abb. 87 und 88) und der Holzstrahlen (Abb. 212). Wem die Einordnung der einen oder anderen Holzart, insbesondere die mancher tropischen und subtropischen, schwierig und mitunter nur mutwillig lösbar erscheint, kann mit Hilfe dieser Darstellungen die Überlegungen nachvollziehen, die den Verfasser bei seinem sehr weit vorangetriebenen Gliederungsversuch geleitet haben. Dies erleichtert ohne Zweifel die fachliche Diskussion, die sehr anregend sein wird. Auch die sonstige Ausstattung des Buches trägt zur Einprägsamkeit der Darstellung bei, so u. a. Schriftbild und tabellarischer Anhang. Das Hauptverdienst des Verfassers liegt jedoch in dem entschlossenen Brückenschlag von der Pflanzenanatomie zur Pflanzenphysiologie. Niemand, der sich mit holzbiologischen Fragen befaßt, die beide Bereiche berühren, wird das Buch ohne Gewinn aus der Hand legen. W. KNIGGE

**Der Waldtyp — ein Behelf für die Waldbaudiagnose.** Von Forstwirtschaftsdirektor i. R. Dipl.-Ing. Dr. H. HUFNAGL. Mit Zeichnungen von L. GRUBER. Innviertler Presseverein, Ried i. I. Oberösterreich, 1970. 223 Seiten, 188 Abbildungen, Taschenformat, 15,— DM.

In dem Büchlein hat HUFNAGL die von ihm erarbeiteten Waldtypen zusammengefaßt dargestellt. Nach der Besprechung der Waldstufen und Hinweisen für die Beurteilung der standortanzeigenden Bodenpflanzen werden die wichtigsten Waldtypen getrennt nach Kalk-, Dolomit- und Silikatuntergrund behandelt. Diese Typen, von HUFNAGL als „Momentaufnahmen im Entwicklungszustand eines bestimmten Waldes" bezeichnet, werden durch Leitpflanzen (Artengruppen) charakterisiert und dann durch standortskundliche Angaben ökologisch gekennzeichnet. Sie sollen annähernd gleiche Produktionsbedingungen zusammenfassen und damit ähnliche waldbauliche Behandlung erfordern. Die Besprechung jedes Waldtyps schließt daher ab mit waldbaulichen Folgerungen hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Baumartenwahl, Verjüngungs- und Pflegeaufgaben, erforderliche Meliorationsmaßnahmen, Gefährdung usw.

Kernstück des Buches ist ein Bildatlas der wichtigsten Standortspflanzen. Er enthält knappe, aber ausreichende botanische Beschreibungen der wichtigsten Standortsweiser mit Strichzeichnungen, die die charakteristischen Merkmale gut treffen und eine Bestimmung wesentlich erleichtern.

Das Büchlein ist für den praktischen Gebrauch im Wald gedacht und dementsprechend in Format und Ausstattung gestaltet. Es spricht vor allem den pflanzensoziologisch nicht geschulten Praktiker an, dem es eine erste Standortsorientierung als Grundlage für das waldbauliche Handeln ermöglicht. H. SCHMIDT-VOGT

**Einführung in die Pflanzensoziologie.** Von Prof. Dr. RÜDIGER KNAPP, Gießen, 3. Auflage, Verlag E. Ulmer, Stuttgart, 1971. 388 S., 252 Abb., 41 Tab., Ln. DM 48,—.

Bei der zunehmenden Bedeutung, welche die Pflanzensoziologie im ganzen Bereich der angewandten Botanik gewinnt, wird die Neuauflage einer Einführung in dieses Wissensgebiet sehr begrüßt werden. Schon die ersten, 1948 und 1949 erschienenen Auflagen, auch die 1958 herausgekommene 2. Auflage des ersten Teiles waren rasch vergriffen. Umso erfreulicher ist es, daß nunmehr die Gesamtheit der ursprünglich in drei Teile gegliederten Einführung in die Pflanzensoziologie als geschlossenes Ganzes vorliegt.

Dem Autor ist es gelungen, auf beschränktem Raum mit großem didaktischem Geschick in knappen Formulierungen das Wesentliche in einfacher klarer Weise deutlich zu machen. Der pädagogische Wert wird durch eine Vielzahl ausgezeichnet wiedergegebener Abbildungen erhöht. Dazu kommt neu eine aus der Praxis des Verfassers erwachsene Anleitung zur Lehre der Pflanzensoziologie an Hochschulen und Schulen.

Eine Durchsicht der Themen, die in dem Buch angeschnitten werden, und ein Vergleich mit den alten Auflagen lassen erkennen, wie sehr sich die Fragestellungen, die Überlegungen und die Methodik der pflanzensoziologisch fundierten Vegetationskunde vertikal und horizontal in den letzten Jahren ausgeweitet haben. Die Fülle des angewachsenen Stoffes in einer einführenden und komprimierten Darstellung zu bewältigen ist nicht einfach. Daß dabei einige Schwächen oder Einseitigkeiten nachweisbar werden, scheint fast unvermeidlich.

Damit soll die Brauchbarkeit und das Verdienst des Buches nicht geschmälert werden. Es bleibt ein guter Wegweiser in die Vegetationskunde, in einer Zeit, in der in Wald und Flur die Fragen der Landschaftserhaltung und -gestaltung, die insgesamt nicht ohne Vegetationsanalysen und -synthesen beantwortet werden können, zu brennenden Umweltschutz-Fragen geworden sind.

(OBERDORFER)



**In memoriam Walter L. Kubiena**

(30. 6. 1897 — 28. 12. 1970)

Ganz unerwartet traf uns die Nachricht vom plötzlichen Tode von Prof. Prof. h. c. Dr. Dr. h. c. Walter L. Kubiena, einer der führenden Persönlichkeiten der modernen Bodenkunde. Seit einem halben Jahrhundert war er in unserer Wissenschaft tätig und hat ihre Entwicklung durch seine Forschung und seinen Ideenreichtum entscheidend mitgeprägt.

Besonders bekannt sind seine Arbeiten auf dem Gebiet der Mikromorphologie des Bodens, die er bereits Anfang der 30er Jahre begonnen hat und deren Grundlagen er 1937 in seinem Buch „Micropedology" darlegte. Diese von ihm begründete neue Arbeitsrichtung eröffnete neue Möglichkeiten für die Untersuchung von Böden. Prozesse und Eigenschaften, die sich auch durch zahlreiche, umständliche chemische Analysen an gemörserten Bodenproben nicht klar oder überhaupt nicht erkennen ließen, waren auf einmal deutlich unter dem Mikroskop zu sehen. Als wertvolle Hilfe bei der Interpretation der chemischen Analysen, beim Studium der Humusformen, der Verlagerungsprozesse sowie verschiedenster anderer Prozesse der Verwitterung und Bodenentwicklung wie auch bei der Untersuchung von Paläoböden fand die Mikromorphologie zahlreiche Freunde in allen Teilen der Welt. Dies kam u. a. durch die Internationalen Arbeitstagungen für Mikromorphologie des Bodens in Braunschweig-Völkenrode 1958, in Arnhem 1964 und in Breslau (Wrocław) 1969 klar zum Ausdruck.

Einen großen Einfluß auf die Entwicklung der Bodensystematik in der Bundesrepublik Deutschland und in verschiedenen anderen europäischen Ländern übte Kubiena durch sein klassisches Werk „Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas" aus, das 1953 zugleich in deutscher und englischer und ein Jahr zuvor in spanischer Sprache erschien.

Das Interesse Kubienas galt aber nicht nur den europäischen Böden. Er unternahm zahlreiche Forschungsreisen in verschiedene Teile der Welt und sammelte insbesondere in den Tropen und Subtropen umfangreiches Material für seine Untersuchungen, was am besten die anläßlich seines 70. Geburtstages erschienene Liste seiner Veröffentlichungen (E. Mückenhausen, Geoderma, Bd. 1, S. 165 - 174, 1967) widerspiegelt.

Nach seinem 70. Geburtstag, in einem Alter in welchem sich die meisten zurückziehen, übernahm er noch eine Gastprofessur in den USA, stellte das Manuskript für sein Buch „Micromorphological features of soil geography" fertig und unternahm Forschungsreisen in die Arktis und in die Antarktis. Sein Referat über diese Forschungen in polaren Gebieten, das er am Internationalen Symposium über Paläoböden im August 1970 in Amsterdam gehalten hat, war von gleicher mitreißender Begeisterung wie seine Vorträge, die er durch Jahrzehnte hindurch bei unzähligen wissenschaftlichen Tagungen gehalten hat. Bis zuletzt war Kubiena eine erstaunliche geistige Frische und Beobachtungsgabe beschieden.

Als Forscher und Hochschullehrer war Kubiena an der Hochschule für Bodenkultur, Wien, an der Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, an der Universität Madrid, an der Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbek, an der Universität Hamburg, an der University of Washington, College of Forest Resources, Seattle, Washington usw. tätig.

Für seine Verdienste als Wissenschaftler erhielt Kubiena zahlreiche Auszeichnungen, so den Justus-v.-Liebig-Preis und die Ehrenmitgliedschaft in der Internationalen, Spanischen, Österreichischen und Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.

Die Werke Kubienas werden in vieler Hinsicht noch lange richtungsweisend und Quelle von Anregungen für die weiteren Forschungen bleiben. In Kubiena verlieren wir aber nicht nur einen großen Wissenschaftler, sondern auch einen lieben und stets hilfsbereiten Menschen, dem seine Freunde und Schüler in allen Teilen der Welt stets ein herzliches Gedenken bewahren werden.

Z. Gračanin

**Professor Konrad Rubner zum 85. Geburtstag**

Am 9. März 1971 vollendet Prof. Dr. Dr. h. c. Konrad Rubner sein 85. Lebensjahr. Rubner begann sein wissenschaftliches Arbeiten mit einer mit „summa cum laude" bewerteten forstbotanischen Dissertation bei Karl von Tubeuf in München. Vom ersten Weltkrieg zurückgekehrt wurde er Assistent bei Max Endres, bei dem er sich mit der holzmarktkundlichen Arbeit über „Die Bewegung der Holzpreise in Deutschland" habilitierte. Doch schon deutet sich mit ersten Veröffentlichungen seine Hinwendung zum Waldbau an und bald überrascht er die forstliche Öffentlichkeit mit seinem großen Werk „Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus". Schon in jungen Jahren geschrieben — noch vor Übernahme des Lehrreviers Grafrath bei München im Jahre 1924 — wurde dieses Buch zum Standardwerk der Waldbaugrundlagen bis in die Gegenwart. Auflage folgte auf Auflage, bereits 1925 die zweite, 1934 die dritte, 1953 die vierte und 1960 die im Alter von 74 Jahren vollkommen neu bearbeitete fünfte Auflage, die auch jetzt schon wieder vergriffen ist.

1928 folgte Rubner einem Ruf auf den Lehrstuhl für Waldbau und Forstbenutzung an der Forstlichen Hochschule Tharandt. Im gleichen Jahr gibt er „Die Lehre vom Walde" von Morosow heraus und erschließt damit dem deutschen Sprachraum die russische Forstwissenschaft. Es folgen Jahre reichen Schaffens, gewidmet vor allem drei Baumarten, der Fichte, der Kiefer und der Lärche, bei welchen ihn in erster Linie Typen- und Rassenfragen bewegen. Die ersten Fichtenprovenienzversuche in Deutschland werden von ihm angelegt. Daneben steht weiterhin die forstliche Vegetationskunde, 1931 gründet er die Arbeitsgemeinschaft gleichen Namens.

1945 kehrt Rubner in seine bayerische Heimat zurück, leitet unter schwierigsten Bedingungen einige Zeit die Oberforstdirektion Augsburg und wird 1947 Referent für Waldbau und Forsteinrichtung an der Bayer. Ministerialforstabteilung in München. Als Leiter dieses Referates, das vor allem seit Rebel weit über die Grenzen des eigenen Landes hinaus einen hohen Ruf genoß, widmet er sich mit großer Energie der Wiederaufforstung der in Krieg und Nachkriegszeit entstandenen Kahlflächen.

Trotz hoher beruflicher Belastung in der forstlichen Praxis setzt er sein wissenschaftliches Werk fort. Das Neudammer Forstliche Lehrbuch wird neu herausgegeben, die 2. Lieferung „Waldbau" erscheint 1948. 1949 folgt die Schrift „Die Waldgesellschaften in Bayern". 1953 gibt Rubner gemeinsam mit F. Reinhold das Werk „Das natürliche Waldbild Europas als Grundlage für einen europäischen Waldbau" heraus. In welchem Maße er seiner Zeit voraus war und schon damals ein Ziel verfolgte, für dessen Verwirklichung im weiteren Sinne in Politik und Wirtschaft nunmehr die Zeit gekommen ist, sagen uns die letzten Zeilen zum Vorwort seines vor 18 Jahren geschriebenen Buches:

„Wie auf anderen Gebieten, hat auch in der Forstwirtschaft seit einigen Jahren ein reger zwischenstaatlicher Gedankenaustausch im Wege forstlicher Studienreisen eingesetzt. So erscheint die Zeit für einen engeren Zusammenschluß der europäischen Waldwirtschaft nicht mehr ferne. Möge dazu die vorliegende Arbeit einen bescheidenen Beitrag liefern."

1954 erscheint das Buch „Die Wiederaufforstung in Bayern von 1948 bis 1954", ein historischer Tatsachenbericht über diese einmalige — heute schon fast vergessene — forstliche Leistung der Wiederbestockung von 100 000 ha Kahlflächen im Lande Bayern.

Als sein waldbauliches Vermächtnis darf wohl sein Beitrag „Grundlagen des naturnahen Waldbaus in Europa" (FwCbl. 1968) angesehen werden.

Die Verdienste RUBNERS um Forstwissenschaft und Forstwirtschaft erfuhren immer wieder äußere Anerkennung. 1930 wurde er zum korrespondierenden Mitglied der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft Finnlands ernannt, 1958 zum Ehrenmitglied der Forstwissenschaftlichen Akademie in Florenz. 1952 wurde ihm als einem der ersten durch den Bayer. Staatsminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten die Silberne Staatsmedaille verliehen. 1956 wurde er durch die Verleihung der Burckhardt-Medaille durch die Forstliche Fakultät der Universität Göttingen ausgezeichnet.

RUBNER hat sich ein Leben lang um eine wissenschaftliche Fundierung des Waldbaus durch synthetische Verarbeitung der naturwissenschaftlichen Grundlagen von Botanik, hier vor allem Pflanzengeographie und Pflanzensoziologie, Klimatologie und Bodenkunde, bemüht. Die Krönung seines Lebenswerkes war daher wohl die Verleihung der Würde eines Ehrendoktors der Naturwissenschaften durch die Universität Freiburg anläßlich seines 75. Geburtstages im Rahmen der Forstlichen Hochschulwoche 1961.

Die letzten Jahre waren beschattet durch den Verlust seiner Gattin und eine schwere Beeinträchtigung seiner Sehkraft. In hohem Alter ist er nun wieder nach Regensburg, in die Stadt seiner Jugend- und Schuljahre zurückgekehrt, wo er im Hause seines Sohnes lebt.

Seit RUBNER 1923 seine „Grundlagen des Waldbaus" schrieb, ist fast ein halbes Jahrhundert vergangen. Generationen von Forstleuten haben das naturwissenschaftliche Fundament für ihr waldbauliches Handeln in diesem Werk durch RUBNER gefunden und nicht nur in Deutschland, sondern weit darüber hinaus. Seine Schüler und Freunde danken ihm für dieses Lebenswerk und wünschen ihm, einem der großen Senioren der deutschen Forstwissenschaft, nach sechs Jahrzehnten wissenschaftlicher Tätigkeit einen geruhsamen, erfüllten Lebensabend im Kreise seiner Familie.

H. SCHMIDT-VOGT

---

Prof. Dr. Helmut SCHMIDT-VOGT, Inhaber des Lehrstuhls für Waldbau der Universität Freiburg, hat vom Bayerischen Staatsminister für Unterricht und Kultus einen Ruf auf den Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung an der Universität München erhalten.

Prof. Dr. Dr. Hans MARQUARDT, der Direktor des Forstbotanischen Instituts der Universität Freiburg, ist vom Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in den neugegründeten Beirat der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Reinbeck berufen worden.

Er wurde außerdem von der Europäischen Gesellschaft für Umwelt-Mutationsforschung als Vertreter der Bundesrepublik in das Kuratorium berufen. Aufgabe der Europäischen Gesellschaft für Umwelt-Mutationsforschung ist es, Methoden für die routinemäßige Prüfung von verdächtigen Chemikalien auf mutationsauslösende Wirkung zu entwickeln. Ferner bemüht sie sich darum, Regierungs- und Verwaltungsstellen sowie Industrie auf die bestehende Gefährdung des Erbgutes und damit der kommenden Generationen nachdrücklich hinzuweisen.

Dr. Hans-Dietrich LÖFFLER, Oberforstrat und Dozent am Institutut für Forstbenutzung und forstliche Arbeitswissenschaft, wurde mit Zustimmung des Kultusministeriums mit der Vertretung des Lehrstuhls Forstbenutzung und forstliche Arbeitswissenschaft beauftragt.

Der Wilhelm-Leopold-Pfeil-Preis der Stiftung F. V. S. zu Hamburg wurde auf Beschluß des Kuratoriums für das Jahr 1971 Oberforstmeister Hermann JUNACK, Gartow, Kreis Lüchow (Niedersachsen) zuerkannt.

Mit dem Wilhelm-Leopold-Pfeil-Preis werden alljährlich Persönlichkeiten ausgezeichnet, die sich um eine beispielhafte Waldwirtschaft besonders verdient gemacht haben.

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG



INHALTSVERZEICHNIS






142. JAHRGANG 1971 HEFT 4 APRIL

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

Bezug: durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 64 24 Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.





**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 4 des 142. Jahrganges sind:**

Th. Keller c/o, Eidg. Anstalt für das forstl. Versuchswesen Birmensdorf/Zürich

Oberforstmeister Dozent Dr. Karl Günter Kern, Forstamt 6732 Edenkoben, Weinstraße 29

Akad. Rat Dr. Edgar Künstle, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Prof. Dr. W. Moll, Valdivia/Chile, Casilla 567

Oberforstrat Dozent Dr. H.-U. Moosmayer, 7 Stuttgart, Hauptmannsreute 45

Prof. Dr. Dr. h. c. M. Prodan, 78 Freiburg i. Br., Wallstraße 22

Forstdirektor Dozent Dr. Walter Schöpfer, 78 Freiburg i. Br., Sternwaldstraße 16





Die Notiz erfolgte von:

Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. K. Mantel, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17

**Übersetzungen**

der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Der Einfluß der Stickstoffernährung auf den Gaswechsel der Fichte

Aus der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf/Zürich

Herrn Professor Dr. G. MITSCHERLICH zum 60. Geburtstag gewidmet

(Mit 7 Abbildungen und 2 Tabellen)

Von TH. KELLER

## 1. Einleitung

Seit Jahren erarbeiten MITSCHERLICH und Mitarbeiter die Grundlagen für ein besseres Verständnis der Wirkung zahlreicher Umweltsfaktoren auf die Ertragsbildung von Waldbeständen (vgl. z. B. MITSCHERLICH et al. 1965, 1966 und 1970), wobei auch Gaswechselmessungen im Walde durchgeführt werden (KÜNSTLE und MITSCHERLICH, 1970). Der vorliegende Beitrag sei als Ergänzung zu MITSCHERLICHS Untersuchungen betrachtet. Als Gewächshaus- und Laborversuch geht er den Zusammenhängen zwischen dem Umweltsfaktor „Ernährungszustand" und dem Gaswechsel am Beispiel der Fichte nach. Dieses Forschungsgebiet wurde lange vernachlässigt, obwohl schon vor über 100 Jahren forstliche Düngungsversuche zum Zwecke der Ertragssteigerung angelegt worden waren. Überblicke über die spärliche Literatur bezüglich dieses Zusammenhangs bei Holzgewächsen finden sich bei KRAMER und KOZLOWSKI (1960), KOZLOWSKI und KELLER (1966) und KELLER (1971).

## 2. Material und Methodik

### 2.1. Material

Zur Verfügung standen 160 Individuen eines Fichtenklons (6jährige Propflinge); diese wurden im Frühjahr 1967 als 3jährige Pflanzen in mit Quarzsand gefüllte Töpfe (4 l) verpflanzt. Die Wässerung erfolgte mit Nährlösungen (0,2 l/Topf und Woche) und entsalztem Wasser (0,2 - 0,6 l/Topf und Woche je nach Witterung); letzterem wurde jeweils ein Zehntel Leitungswasser als Calciumquelle zugegeben. N-, P- und K-Gaben wurden in 3 Stufen gestaffelt, so daß sich die Nährlösung zusammensetzte aus:

N : 17,5 - 70,0 mg/l, als $NH_4NO_3$
P : 6,2 - 24,8 mg/l, als $NaH_2PO_4 \cdot 2\ H_2O$
K : 12,5 - 50,0 mg/l, als $K_2SO_4$
Mg : 10,0 mg/l, als $MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$
Fe : 3,8 mg/l, als Eisenzitrat
B : 2,8 mg/l, als $H_3BO_4$
Mn : 1,8 mg/l, als $MnCl_2 \cdot 4\ H_2O$
Zn : 0,2 mg/l, als $ZnSO_4 \cdot 7\ H_2O$
Cu : 0,08 mg/l, als $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$
Mo : 0,01 mg/l, als $NaMoO_4$.

Im Winterhalbjahr (Oktober - März) wurde keine Nährlösung verabreicht. Die Pflanzen verteilten sich auf insgesamt 32 Düngungsvarianten à je 5 Wiederholungen. Aus diesem Kollektiv wurden zur Auswertung für diese Arbeit nur jene Pflanzen herangezogen, welche weder K- noch P-Mangel aufwiesen, um den Einfluß des Stickstoffs zu untersuchen. Als Grenzwerte wurden in Anlehnung an GUSSONE (1964) gewählt:

P: 0,12 %
K: 0,35 %

### 2.2. Methodik

In der 3. Vegetationsperiode nach der Vertopfung wurden die Pflanzen im August/September zur Gaswechselmessung ins Labor verbracht, wo Dunkelatmung, Wurzelatmung, Assimilation und Transpiration bei 5, 20 und 40 kLux einer Osram-Xenon-Hochdrucklampe (entsprechend ca. 0,05, 0,2 und 0,4 cal. $cm^{-2}$ $min^{-1}$) mit je einem $CO_2$- und $H_2O$-URAS gemessen wurden. Näheres über die Meßmethodik und Beschreibung der Küvetten findet sich in früheren Arbeiten (KELLER, 1966, 1968). Die Transpiration wurde korrigiert auf Dampfdrucksättigungsdefizite von

9 mm Hg (für Dunkelheit und 5 kLux),
11 mm Hg (für 20 kLux) und
14 mm Hg (für 40 kLux), (vgl. KELLER, 1968).

Da die Wurzelatmung stark temperaturabhängig ist (der $Q_{10}$ liegt bei 2, vgl. KELLER, 1967b), wurden die Töpfe unmittelbar vor und während der Messung in einem Wasserbad bei 18 °C temperaturkonstant gehalten. Diese Temperatur entspricht durchaus der sommerlichen Temperatur des Oberbodens in Beständen des süddeutschen Raumes (vgl. MITSCHERLICH und KÜNSTLE, 1970). Da bei unserer Methodik auch die Bodenatmung in der Wurzelatmung enthalten ist, trachten wir vor der Vertopfung auf eine gründliche Waschung der Wurzeln, um fremde organische Substanz aus dem Topf fernzuhalten. Die Bodenatmung der Mikroorganismen erfaßt somit nur pflanzeneigene organische Substanz (abgestorbene Feinwurzeln, Wurzelausscheidungen). Da diese „Rhizosphärenatmung" zu Lasten der $CO_2$-Bilanz geht, darf sie u. E. ohne weiteres zur Wurzelatmung zugeschlagen werden. Die Pflanzen wurden jeweils am Vorabend vor der Messung gewässert, um den Gaswechsel voll turgeszenter Pflanzen zu messen (vergleichbare Verhältnisse).

Der Chlorophyllgehalt wurde an Proben von 1,0 g Frischgewicht nach der Methode von ZIEGLER und EGLE (1965, vgl. KELLER 1970b) bestimmt. Die Nadelanalysen erfolgten an 1jährigen Nadeln, die im Winter nach der Messung gewonnen und bei 65 °C getrocknet wurden. K wurde flammenphotometrisch, P kolorimetrisch mit Molybdat-Vanadat (JACKSON, 1958) und N nach Kjeldahl bestimmt, z. T. mit dem Heraeus-Mikro-Rapid N-Apparat.

## 3. Resultate

### 3.1. Assimilation

Für die Auswertung wurden jene Pflanzen herangezogen, welche die in 2.1. genannten P- und K-Werte aufwiesen, wobei der N-Gehalt von 0,32 bis 1,20 % variierte. Die auf das Nadeltrockengewicht bezogene Nettoassimilationsintensität (mg $CO_2$/g und h) blieb jedoch in einem relativ engen Bereich (vgl. Tab. 1). Diese Werte liegen zudem etwa dreimal tiefer als die an kleineren Pflanzen einer Hochgebirgsprovenienz gefundenen Assimilationswerte (KELLER, 1970a).

Aus der Überlegung heraus, daß bei den relativ großen Pflanzen dieses Versuchs (30 - 50 cm) wegen der engständigen Astquirle

Tabelle 1
**Der Einfluß des N-Gehaltes auf die Assimilationsintensität der Fichtennadeln bei 40 kLux (Mittel von je 8 Einzelwerten)**

| N % | Assimilation bei 40 kLux mg $CO_2$/g h |
|---|---|
| 0,41 | 0,66 |
| 0,61 | 0,92 |
| 0,82 | 0,95 |
| 1,11 | 1,04 |

die Beschattung der Zweige eine Rolle spielen könnte, wurde dem Einfluß der Nadelmasse auf die Assimilationsintensität nachgegangen. Aus Abb. 1 geht hervor, daß in der Tat ein negativer Einfluß nachzuweisen ist, indem eine Zunahme der Nadelmasse um 10 g (im Bereich 24 - 45 g) eine Abnahme der Assimilationsintensität von ca. 12 % bewirkt. Das Bestimmtheitsmaß ($B = r^2$) ist mit 0,30 allerdings schwach. Dieser Befund stellt die Eignung der Assimilationsintensität/g Nadeltrockensubstanz als Indikator einer Düngungsreaktion in Frage, worauf auch NEUWIRTH (1970) hinweist. Da die N-reichsten Pflanzen die größte Nadelmasse ausbilden, macht sich bei ihnen der Einfluß am stärksten geltend. NEUWIRTH fand ebenfalls negative Korrelationen zwischen Assimilationsintensität und Baumgröße.

In der Folge wurden die Gaswechselwerte nur noch pro Pflanze berechnet. Damit wird der Einfluß der Nadelmasse integriert; der in Abb. 1 dargelegte Effekt wird dadurch allerdings nicht eliminiert.

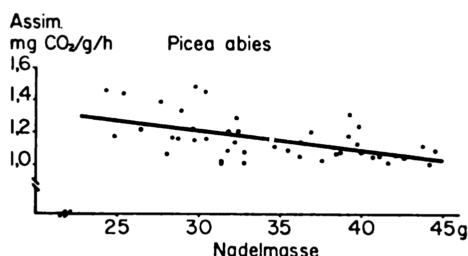



Abb. 1
Regression zwischen Nadelmasse und Assimilationsintensität bei 40 kLux ($y = 1,57 - 0,012\,x$, $B = r^2 = 0,299$, $t = 4,241$ ***)

Da nur ein relativ enger N-Bereich erfaßt wurde, blieb die Abhängigkeit der Assimilation (A) pro Pflanze vom N-Gehalt im linearen Bereich, wie aus der Regressionsgeraden in Abb. 2 hervorgeht (Regression: $y = 2,90 + 35,59\,x$; $B = r^2 = 0,772$, $t = 10,08$ ***). Der außerordentlich starke Einfluß der N-Versorgung auf die Assimilation widerspiegelt sich in der Steilheit der Regressionsgeraden. Es zeichnet sich auch wiederum eine enge Beziehung zwischen Chlorophyllkonzentration (‰ in Trockensubstanz) und N-Gehalt ab wie schon früher an Sämlingen (KELLER und WEHRMANN, 1963). In der Folge wurde die Abhängigkeit der Assimilation/Pflanze von deren Chlorophyllkonzentration im Bereich 0,55 bis 2,07 ‰ Chlorophyll durch die Regression $y = 0,95 + 24,49\,x$ ($B = r^2 = 0,806$; $t = 12,38$ ***) charakterisiert. Diese Übereinstimmung von Chlorophyllgehalt und Assimilation konnte auch in früheren Arbeiten verschiedentlich aufgezeigt werden (z. B. 1967 a für Pappel, 1970 a für Hochgebirgsfichte).

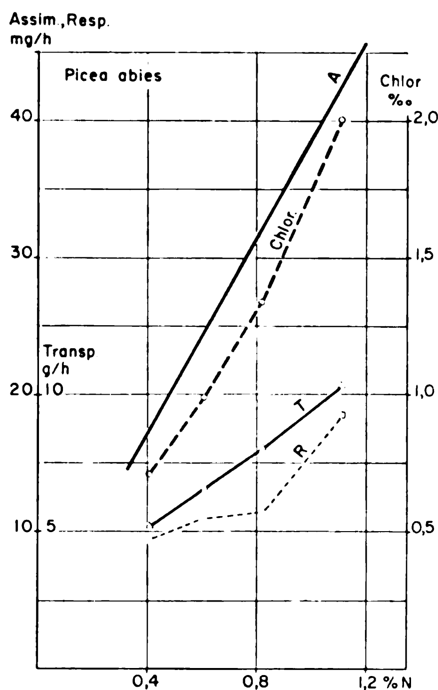



Abb. 2
Einfluß der N-Ernährung auf Assimilation (A) und Transpiration (T) bei 40 kLux, auf Atmung der ganzen Pflanze (R) und Chlorophyllgehalt (Chlor.)

Abb. 3 stellt die Lichtabhängigkeit der Assimilation von Fichten verschiedener N-Versorgung dar. Daraus geht eindrücklich hervor, daß die extrem N-mangelnden Fichten im Starklicht nur noch etwa ⅓ der Assimilationsleistung der gut ernährten Fichten erreichen. Bei schwächerem Licht sind die Unterschiede naturgemäß geringer, da dort das Licht einen Minimumfaktor darstellt. Der bei N-mangelnden Pappelblättern gefundene Schattenblattcharakter (vorzeitige Lichtsättigung) KELLER und KOCH, 1962) wiederholte sich beim assimilatorischen Verhalten der N-Mangelfichten nicht. Über die tägliche $CO_2$-Aufnahme in Abhängigkeit der N-Versorgung orientiert Tab. 2.

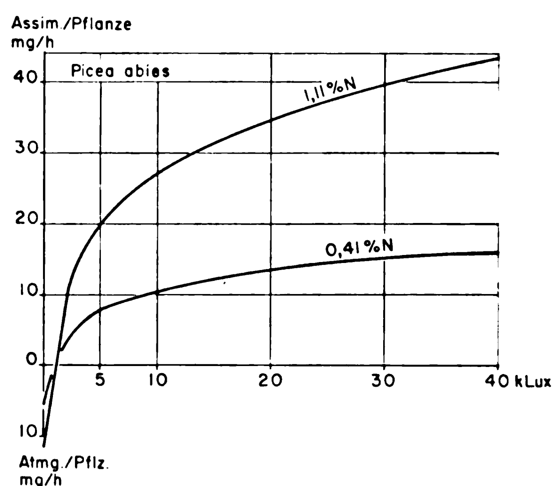



Abb. 3
Lichtabhängigkeit der Assimilation/Pflanze bei unterschiedlicher N-Ernährung

3.2. Atmung

3.2.1. *Sproßatmung*

Die Abhängigkeit der Atmung pro Pflanze von der N-Versorgung geht aus Abb. 4 hervor und ergibt einen Anstieg der Atmung mit zunehmendem N-Gehalt der Nadeln. Der Anstieg ist besonders groß im optimumnahen Bereich und widerspiegelt die stimulierende Wirkung des Stickstoffs auf den Gaswechsel sowie auf die Bildung der Nadelmasse. Im Mangelbereich bleibt die Sproßatmung relativ konstant, vermutlich infolge mangelnden Substrates sowie infolge relativ geringer Veränderungen der atmenden Nadelmasse bis zum optimumnahen N-Bereich (vgl. Tab. 2 und Abb. 5).

Diese Resultate bestätigen im Wesentlichen die Resultate an Hochgebirgsfichten (KELLER, 1970 a) und Pappeln (KELLER, 1967 a). Die Sproßatmung erreicht ca. ⅕ - ⅓ der Assimilation bei 40 kLux und liegt damit im Bereich früherer Befunde (KELLER, 1968 a, 1970 a). Die Werte sind wesentlich niedriger als jene von NEUWIRTH (1966), der seine Untersuchung im Zeitpunkt des Knospenaustriebs und der Triebelongation durchführte. Die Atmung verbraucht aber einen größeren Teil der Assimilation als bei der Pappel (KELLER, 1967 a), die schon lange als ökonomisch atmende Art bekannt ist.

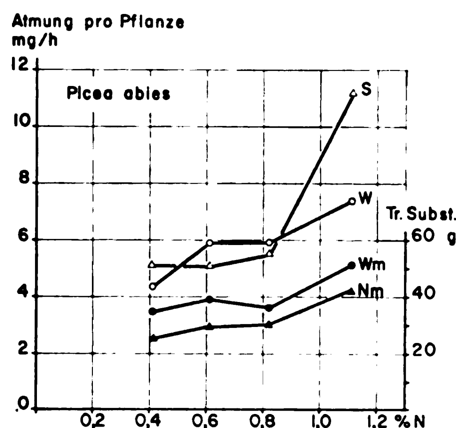



Abb. 4
Einfluß der N-Versorgung auf Sproß- (S) und Wurzel- (W) Atmung sowie auf Nadelmasse (Nm) und Wurzelmasse (Wm) (Trockensubstanz)

### 3.2.2. *Wurzelatmung*

Die Wurzelatmung pro Pflanze verhält sich im Wesentlichen gleich wie die Sproßatmung (Abb. 4), wie dies früher schon bei der Pappel gefunden wurde (KELLER, 1967 a). Allerdings ist ihr Anstieg im optimumnahen N-Bereich wesentlich geringer als derjenige der Sproßatmung. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß mit zunehmender N-Versorgung die Wurzelmasse relativ weniger stark zunimmt als die Nadelmasse. Bringt man die Atmung in Beziehung zur Assimilation bei 40 kLux, so entstehen die Kurven von Abb. 5. Mit besserer N-Versorgung verringert sich der prozentuale $CO_2$-Verzehr durch die Wurzelatmung wie auch die Atmungsintensität pro g Wurzel im ganzen untersuchten Bereich. Größenordnungsmäßig decken sich die erhaltenen Werte mit jenen für die Pappel (KELLER, 1967 a); sie sind viel geringer als die an Fichten-Sämlingen ermittelten Werte (KELLER und WEHRMANN, 1963) aber größer als die im Zeitpunkt der Triebelongation bestimmten Werte (KELLER, 1968 a).

Tab. 2 orientiert über die approximative tägliche $CO_2$-Bilanz und unterstreicht nochmals die große Bedeutung der N-Versorgung für die Stoffproduktion.

Tabelle 2
**$CO_2$-Tagesbilanz (mg/Pflanze) in Abhängigkeit von der N-Versorgung**

| | 0.41 % N | 0.61 % N | 0.82 % N | 1.11 % N |
|---|---|---|---|---|
| 6 Std. 5 kLux | 49.0 | 74.0 | 77.0 | 116.0 |
| 10 Std. 40 kLux | 159.0 | 265.0 | 284.0 | 436.0 |
| $CO_2$-Gewinn | 208.0 | 339.0 | 361.0 | 552.0 |
| 8 Std. Sproßatmung | 41.0 | 41.0 | 44.0 | 89.5 |
| 24 Std. Wurzelatmung | 105.5 | 141.5 | 141.5 | 177.5 |
| $CO_2$-Verlust | 146.5 | 182.5 | 185.5 | 267.0 |
| Tagesgewinn | 61.5 | 156.5 | 175.5 | 285.0 |

Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen (KELLER, 1967 b) ließ sich in diesem Pflanzenmaterial kein Einfluß der Sproßbelichtung auf die Wurzelatmung nachweisen. Letztere blieb im ganzen untersuchten Helligkeitsbereich konstant (Dunkelheit bis 40 kLux).

## 3.3. Transpiration

Der Einfluß der N-Ernährung auf die Transpiration/Pflanze bei 40 kLux ist aus Abb. 2 ersichtlich (Mittelwerte von je 8 Meßwerten). Im ganzen untersuchten N-Bereich steigt die Transpiration mit zunehmendem N-Gehalt der Nadeln etwa linear und ent-

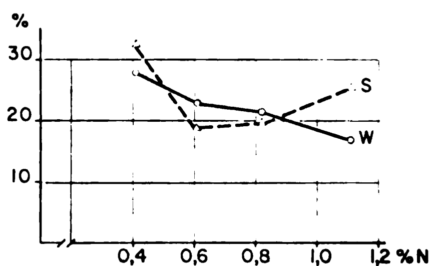



Abb. 5
Sproß- und Wurzelatmung in % der Assimilation (bei 40 kLux) in Abhängigkeit vom N-Ernährungszustand

sprechend der zunehmenden Nadelmasse. Da jedoch die Assimilation stärker zunimmt als die Transpiration, wird der Wasserverbrauch pro mg assimiliertes $CO_2$ ökonomischer; der A/T-Quotient erhöht sich von $3{,}16 \cdot 10^{-3}$ auf $4{,}16 \cdot 10^{-3}$.

Die Transpiration ist — bei ausreichender Wasserversorgung — vorwiegend vom Dampfdrucksättigungsdefizit (DDSD) der Luft abhängig. Da unter unsern Laborbedingungen (normalerweise auch im Freiland) das DDSD mit der Lichtstärke (Temperaturanstieg!) zunimmt, zeigt Abb. 6 den Verlauf der Transpiration mit zunehmender Lichtstärke. Dabei gelten folgende DDSD-Werte:

| | | |
|---|---|---|
| Dunkelheit, 5 kLux | : | 9 mm Hg |
| 20 kLux | : | 11 mm Hg |
| 40 kLux | : | 14 mm Hg. |

Die Kurven von Abb. 6 (Mittel von je 8 Werten) zeigen eindrücklich, daß auch bei Dunkelheit eine namhafte Transpiration anhält (ca. 50 mg/g Nadeltrockensubstanz), weil offenbar die Spaltöffnungen nur teilweise geschlossen sind. Aus Abb. 6 geht

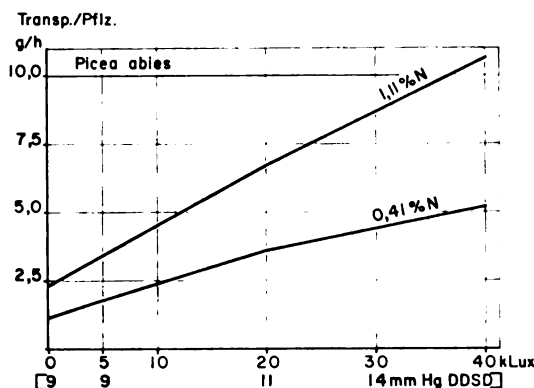



Abb. 6
Transpiration bei verschiedener Lichtstärke (unterschiedlichem Dampfdrucksättigungsdefizit) und unterschiedlicher N-Ernährung

aber auch hervor, daß die N-reicheren Nadeln mit steigendem DDSD stärker transpirieren als die N-mangelnden Nadeln. Erstere reagieren also empfindlicher auf Umweltveränderungen. N-Mangelpflanzen sind bekannt für ihren Xeromorphismus (MÜLLER-STOLL, 1948); dies erklärt ihre geringere Empfindlichkeit bezüglich der Schwankungen des DDSD.

Unter der Annahme, daß von 5 - 40 kLux die Stomata völlig offen sind, so daß sie die Transpiration nicht mehr variieren, wurde die Transpirationsintensität (mg $H_2O$/g Nadel/h) pro mm DDSD (im Bereich 7 - 15 mm Hg) in Abhängigkeit vom N-Gehalt der Nadeln berechnet. Die Resultate sind in Abb. 7 zusammengefaßt und zeigen, daß die Transpirationszunahme pro mm DDSD im untersuchten N-Bereich nicht linear verläuft und zudem im Bereich besserer N-Ernährung einer größeren Streuung unterliegt. Diese Werte wurden an mit Wasser gut versorgten Pflanzen gewonnen. Bei Trockenheit dürften sich die Verhältnisse infolge Spaltenschlusses ändern, wobei nach NEUWIRTH und FRITZSCHE (1964)

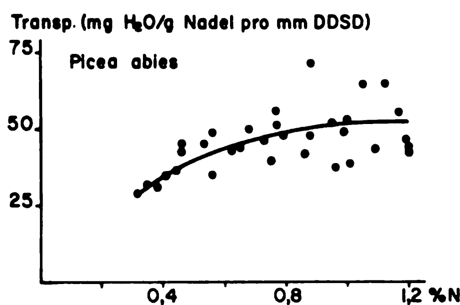



Abb. 7
Abhängigkeit des Transpirationsgradienten bezüglich des DDSD vom N-Ernährungszustand

der Ernährungszustand die Reaktionsfähigkeit der Stomata stark beeinflußt. Unsere Resultate widersprechen den Befunden NEUWIRTHS (1966, 1970), wonach die Transpiration bei zunehmendem DDSD bei gut gedüngten Pflanzen flacher ansteige als bei Mangelvarianten. Der Widerspruch ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß NEUWIRTH im Zeitpunkt der Triebelongation maß und daher mit Nadelmischmaterial unterschiedlichen Alters arbeitete. Das Blattalter beeinflußt jedoch die Transpiration stark (BARTHOLOMEW, 1931; KELLER, 1966). Außerdem war das Material von NEUWIRTH ernährungsmäßig ungenügend definiert (keine Nadelanalysen). Die Befunde unterstreichen aber die Notwendigkeit, bei vergleichenden Transpirationsmessungen das DDSD zu berücksichtigen.

## 4. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Zusammenhängen zwischen dem Ernährungszustand und dem Gaswechsel eines jungen Fichtenklons. Die vertopften Pflanzen wurden 3 Jahre lang mit differenzierten Nährlösungen in Quarzsand nachgezogen. In der 3. Vegetationsperiode wurden die Fichten nach abgeschlossener Nadelentwicklung ins Labor verbracht zur Gaswechselmessung mit URAS-Geräten. Im folgenden Winter wurden Nadeln zur chemischen Analyse geerntet. 32 Pflanzen mit Gehalten zwischen 0,32 und 1,20 % N (0,12 - 0,22 % P; 0,35 - 0,79 % K) wurden ausgewählt.

Es wurde eine negative Korrelation zwischen Nadelmasse (Kronengröße) und Assimilationsintensität/g Nadeltrockensubstanz gefunden (Abb. 1), was den Indikatorwert der Assimilationsintensität für eine Düngerreaktion in Frage stellt. Dank der Zunahme der Nadelmasse besteht dennoch eine gute Korrelation zwischen N-Versorgung und Assimilationsleistung/Pflanze (Abb. 2). N-mangelnde Fichten assimilieren bei 40 kLux nur etwa einen Drittel soviel wie gut ernährte Pflanzen (Abb. 3).

Mit zunehmender N-Versorgung steigt auch die Atmung von Sproß und Wurzeln (Abb. 4) sowohl durch Stimulation des Stoffwechsels als auch infolge der größeren Organmasse. Die Sproßatmung macht ca. 20 - 35 %, die Wurzelatmung ca. 15 - 30 % der Nettoassimilation bei 40 kLux aus (Abb. 5). Eine Verbesserung der N-Versorgung steigert jedoch die Assimilation wesentlich stärker als die Atmung, so daß die Tages-$CO_2$-Bilanz im untersuchten Bereich etwa vierfach besser wird (Tab. 2).

Auch die Transpiration/Pflanze steigt mit dem N-Gehalt der Nadeln (Abb. 2, Abb. 6), obwohl die N-reichen Nadeln ökonomischer transpirieren als die N-Mangelnadeln, d. h. pro g Wasserverlust mehr $CO_2$ assimilieren. Die Transpiration ist stark vom Dampfdrucksättigungsdefizit der Luft (DDSD) abhängig (Abb. 6) und zwar wird der Transpirationsgradient (mg $H_2O$/mm DDSD) mit zunehmendem N-Gehalt der Nadeln steiler (Abb. 7). Dies gilt aber vermutlich nur für mit Wasser gut versorgte Pflanzen mit offenen Stomata.

## Summary

Title of the paper: *The influence of nitrogen nutrition on gaseous exchange of spruce.*

The paper deals with the relationship between the nutritional stage and gaseous exchange of young spruces. Potted, cloned plants were grown for three years in quartzsand and nutrient solutions. The plants were then brought to the lab after needle maturation for measurements of gaseous exchange by means of IRGAs. In the following winter needles were harvested for analyses. 32 plants were selected; their nutrient contents differed as follows:

N : 0.32 - 1.20 %, P : 0.12 - 0.22 %, K : 0.35 - 0.79 %.

A negative correlation was detected between needle mass and photosynthetic intensity (mg $CO_2$/g dry weight · h) (fig. 1). This renders questionable the indicator value of photosynthetic intensity for a reaction to fertilization. There does exist, however, a good correlation between N supply and photosynthesis/plant (fig. 2). N-deficient spruces photosynthesize at 40 kLux only about one third as much as well-fed plants (fig. 3).

Respiration of shoot and root increases with increasing N supply (fig. 4), due to metabolic stimulation and increased mass. Shoot respiration equals 20 - 35 %, root respiration equals 15 - 30 % of photosynthesis at 40 kLux (fig. 5). Improved N nutrition is raising photosynthesis more than respiration; the daily $CO_2$-gains thus increases fourfold in the investigated range (table 2).

Transpiration/plant is stimulated by improved N supply (fig. 2, fig. 6) although transpiration becomes more economic (smaller water loss per mg $CO_2$ gain). Transpiration strongly depends on the deficit of vapor pressure saturation (fig. 6). The gradient of transpiration/mm deficit turns steeper with increasing N content of needles (fig. 7); this probably holds true for fully turgescent plants only (widely open stomata). A.

## Résumé

Titre de l'article: *L'influence de la nutrition azotique sur l'échange gazeux de l'épicéa.*

L'article présent a pour objet l'étude des relations entre l'état nutritif et l'échange gazeux d'un jeune clone d'épicéa. Durant 3 années, les plants mis en pot ont été élevés dans du sable de quartz avec différentes solutions nutritives. Dans la troisième de végétation, après le développement complet de leurs aiguilles, les épicéas furent transportés en laboratoire où l'échange gazeux fut mesuré à l'aide d'appareils URAS. L'hiver suivant, on récolta des aiguilles pour faire des analyses chimiques. 32 plantes ayant une teneur en N entre 0,32 et 1,20 % (0,12 - 0,22 % P; 0,35 - 0,79 % K) furent sélectionnées.

On trouva une corrélation négative entre la masse des aiguilles (grandeur de la couronne) et l'intensité de l'assimilation par g de substance sèche d'aiguille (fig. 1); cette constatation met en question la validité de intensité d'assimilation comme indicateur pour une réaction à l'amendement. Grâce à l'augmentation de la masse des aiguilles, il existe quand même une bonne corrélation entre l'approvisionnement en N et la capacité d'assimilation par plante (fig. 2). Les épicéas déficients en N assimilent à 40 kLux seulement un tiers env. de la quantité assimilée par des plantes bien nourries (fig. 3).

Avec l'augmentation de l'approvisionnement en N, la respiration des pousses et des racines s'élève également (fig. 4), autant par suite de la stimulation du métabolisme que par l'accroissement de la masse foliaire. La respiration des pousses représente env. 20 - 35 % de l'assimilation nette à 40 kLux, celle des racines, env. 15 - 30 % (fig. 5). Une amélioration de l'approvisionnement en N stimule cependant beaucoup plus l'assimilation que la respiration, si bien que le bilan journalier du $CO_2$ est quatre fois plus, élevé dans le domaine étudié (table 2).

La transpiration par plante s'accroît aussi avec la teneur en N des aiguilles (fig. 2, fig. 6), bien que celles qui sont riches en N transpirent plus économiquement (assimilant plus de $CO_2$ par g de perte d'eau) que les aiguilles pauvres en N. La transpiration est fortement dépendante du déficit de pression de la vapeur d'eau dans l'air (DPV) (fig. 6), le gradient de la transpiration (mg $H_2O$/mm DPV) montant plus rapidement avec l'augmentation de la teneur en N (fig. 7). Mais ceci n'est probablement valable que pour les plantes à stomates ouverts bien approvisionnées en eau.

A.

### Literaturverzeichnis

BARTHOLOMEW, E. T., 1931: Certain phases of Citrus leaf transpiration. Amer. J. Bot. 18, 765-783. — GUSSONE, H. A., 1964: Faustzahlen für Düngung im Walde. BLV München. — JACKSON, M. L., 1958: Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. — KELLER, Th., 1966: Über den Einfluß von transpirationshemmenden Chemikalien (Antitranspirantien) auf Transpiration, $CO_2$-Aufnahme und Wurzelwachstum von Jungfichten. Forstwiss. Cbl. 85, 65-79. — KELLER, TH., 1967a: The influence of fertilization on gaseous exchange of forest tree species. Proc. Colloq. For. Fertiliz. Jyväskylä/Finland, 65-79, Int. Kali-Inst. Bern. — KELLER, TH., 1967b: Beitrag zur Kenntnis der Wurzelatmung von Koniferenjungpflanzen. XIV. IUFRO-Kongr. Referate 4, 329-340. — KELLER, TH., 1968: Die Wirkung einer Bodenabdeckung (Mulchung) im Forstpflanzgarten auf den Gaswechsel junger Fichten. Forstwiss. Cbl. 87, 1-8. — KELLER, TH., 1970a: Wuchsleistung, Gaswechsel, Überlebensprozente und Schneeschimmelpilzbefall gedüngter Ballenpflanzen an der obern Waldgrenze. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.wesen 46, 1-32. — KELLER, TH., 1970b: Über den Einfluß organischer Bodenabdeckungen im Forstpflanzgarten auf die Wuchsleistung von Verschulfichten sowie auf Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.wesen 46, 33-65. — KELLER, TH., 1971: Production processes in relation to edaphic factors. Referat am XV. IUFRO-Kongress. — KELLER, TH. und KOCH, W., 1962: Der Einfluß der Mineralstoffernährung auf $CO_2$-Gaswechsel und Blattpigmentgehalt der Pappel. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.wesen 38, 253-318. — KELLER, TH. und WEHRMANN, J., 1963: $CO_2$-Assimilation, Wurzelatmung und Ertrag von Fichten- und Kiefernsämlingen bei unterschiedlicher Mineralstoffernährung. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers.wesen 39, 217-242. — KOZLOWSKI, T. T. und KELLER, TH., 1966: Food relations of woody plants. Bot. Review 32, 293-382. — KRAMER, P. J. und KOZLOWSKI, T. T., 1960: Physiology of Trees. McGraw-Hill, New York. — KÜNSTLE, E. und MITSCHERLICH, G., 1970: Assimilations- und Transpirationsmessungen in einem Stangenholz. AFJZ 141, 89-94. — MITSCHERLICH, G. und KÜNSTLE, E., 1970: Untersuchungen über die Bodentemperatur in einigen Nadel- und Laubholzbeständen in der Nähe von Freiburg/Br. AFJZ 141, 129-134. — MITSCHERLICH, G., MOLL, W., KÜNSTLE, E. und MAURER, P., 1965-1966: Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen im Rein- und Mischbestand. AFJZ 136, 225-238, 249-257, 274-283; 137, 1-13, 25-33, 72-91, 101-115. — MÜLLER-STOLL, W. R., 1948: Der Einfluß der Ernährung auf die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen. Planta 35, 225-251. — NEUWIRTH, G., 1966: Assimilation, Atmung und Transpiration unterschiedlich gedüngter junger Koniferen während des Frühjahrsaustriebs in Abhängigkeit von Klimafaktoren. Arch. Forstwes. 15, 629-639. — NEUWIRTH, G., 1970: Gasstoffwechselökologie und Mineralstoffernährung bei Forstpflanzen. DAL Tagungsberichte 103, 7-12. — NEUWIRTH, G. und FRITZSCHE, K. H., 1964: Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Düngergaben auf das gasstoffwechselökologische Verhalten einjähriger Pappel-Steckholzaufwüchse. Arch. Forstwes. 13, 233-246. — ZIEGLER, R. und EGLE, K., 1965: Zur quantitativen Analyse der Chloroplastenpigmente I. Beiträge Biol. Pflz. 41, 11-37.

Abschließend möchte ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern danken, welche im Verlaufe der Jahre im Labor und Gewächshaus an diesem Versuch mitgearbeitet haben. Besonderer Dank gebührt den Herren Dr. BACHMANN, Eidg. landwirtschaftliche Forschungsanstalt ZH-Reckenholz und H. MEYER von der Firma Heraeus für die Durchführung der N-Bestimmungen.

# Zu einer Neuorientierung der Forstwissenschaften

**Herrn Professor Dr. G. MITSCHERLICH zum 60. Geburtstag gewidmet**

(Mit 2 Abbildungen)

Von M. PRODAN, Freiburg

## 1. Einführung

H. W. WEBER hat in seinem Buch (2. Auflage 1929) alle Systeme der Forstwissenschaften bis zum damaligen Zeitpunkt besprochen. In Perioden von etwa 10-15 Jahren erschienen Aufsätze, die sich mit der Einteilung der Forstwissenschaften befaßten. Dabei sind die Arbeiten über Zukunftsprognosen sehr interessant, weil sie die Akzente der forstwissenschaftlichen Forschung und den Inhalt der einzelnen Fachdisziplinen neu zu definieren versuchen.

Hierfür sind die Studie von DIETERICH (1970) über Forstliche Futurologie und das Sonderheft der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen über die Forstwirtschaft bis zum Jahre 2000 zu erwähnen. Schließlich kann *„Futurologie"* nicht betrieben werden, ohne den Wunsch oder die Voraussetzung neuer Inhaltsgebungen.

Erschwerend ist hierbei die Verzahnung der einzelnen Disziplinen. So ist beispielsweise das Lehr- und Forschungsobjekt der Zuwachs- und Ertragslehre so eng von dem der Waldbauwissenschaft durchdrungen, daß eine Abgrenzung unmöglich ist. Außerdem werden die Forsteinrichtung, die forstliche Betriebswirtschaftslehre und die Forsttechnik tangiert.

Bei waldbaulichen Maßnahmen müssen einrichtungs- und arbeitstechnische sowie wirtschaftliche Momente berücksichtigt werden. Die große Variationsbreite der Auffassungen von GAYER über DENGLER und RUBNER bis LEIBUNDGUT, KÖSTLER und BAUER beweist die Vielseitigkeit des Waldbaues. Die Forsteinrichtung bedarf der Synthese aller forstlichen Wissensgebiete, um eine möglichst vollständige Planung zu gewährleisten.

Von besonderer Bedeutung ist die — sich im Laufe der Zeit sehr verändernde — Auffassung von der Gruppierung der einzelnen Disziplinen.

So wurde die Forstliche Zuwachs- und Ertragskunde von vielen — teilweise sogar von biologisch orientierten — Systematikern lange den mathematischen Hilfsdisziplinen zugeordnet, während sie jetzt viel mehr als angewandter Zweig der Ökologie und Botanik gelten kann.

Eines der augenfälligsten Beispiele ist die Forstliche Arbeitslehre, die fast 40 Jahre als Spezialfach dafür betrachtet wurde, aus der Analyse der Arbeitsvorgänge neue Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Erst im letzten Jahrzehnt erweiterte sich das Aufgabengebiet sehr durch Rationalisierungsvorschläge in allen Bereichen der Produktion, der Technik und der Ernte, sowie Optimalisierungsberechnungen. Damit überschneidet die Forstliche Arbeitslehre aber wiederum die Betriebswirtschaftslehre und den Waldbau so sehr, daß keine Grenzziehung möglich ist. (STEINLIN, 1965).

Diese Beispiele könnten beliebig erweitert werden. Eine graphische Darstellung der gegenseitigen Durchdringung der einzelnen Disziplinen würde ein noch komplizierteres Bild ergeben als die in Abb. 1 aufgezeigten Funktionen des Waldes.

Das Ineinandergreifen der einzelnen forstlichen Bereiche ist dadurch bedingt, daß der Wald eine Lebensgemeinschaft darstellt, die vom naturwissenschaftlichen Gesichtspunkt aus ein sehr kompliziertes Gefüge hat und die außerdem für die menschliche Gesellschaft große sozialökonomische Bedeutung hat. Alle Wissensgebiete, die sich mit dem Forschungsobjekt Wald — vom methodi-

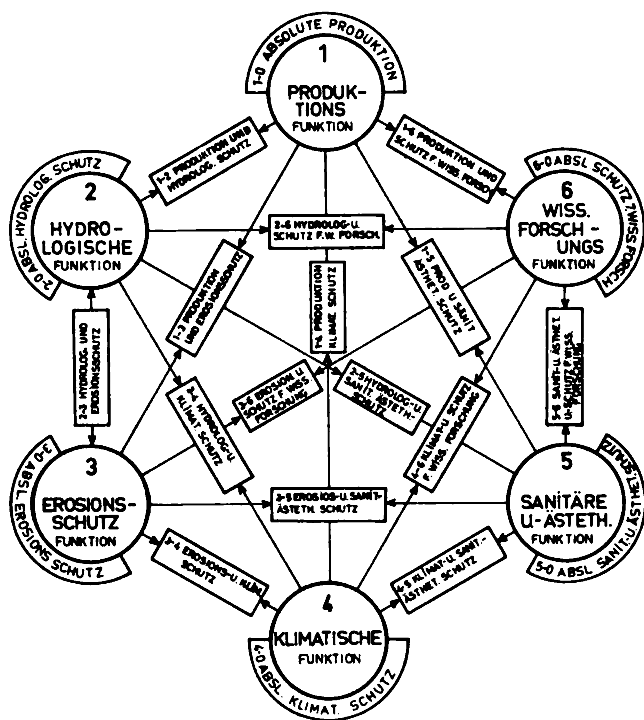



Abb. 1
Sozialfunktionen des Waldes. Die mehrfachen Einflüsse sind durch die verschiedenen Pfeile gekennzeichnet.
(Aus: Popescu-Zeletin, J.: Berichte d. Symposiums über die Tagung der Arbeitsgruppe Europäischer Forsteinrichtungsverfahren. IUFRO-Sektion 25, Bukarest 1969)

schen oder vom inhaltlichen Standpunkt aus — befassen, müssen neben den wissenschaftlichen Grundlagen auch die Anwendungsmöglichkeiten erörtern und deren praktische Folgen für das Bestehen der Lebensgemeinschaft im Interesse der menschlichen Gesellschaft berücksichtigen.

## 2. Allgemeine Arbeitsmethoden

### 2.1. *Beschreibung*

Ein klassisches Beispiel für die wissenschaftliche Beschreibung eines zu erforschenden Objektes ist das dreibändige Werk von Dieterich über Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Es stellt eine Enzyklopädie des Forstwesens zur Zeit seiner Erscheinung dar und ermöglicht durch die Fülle des zusammengetragenen Materials weitergehende Auswertungen.

### 2.2. *Analyse und Synthese*

Die Fortschritte in den Naturwissenschaften wurden weitgehend durch die Methoden der Analyse und der Synthese bewirkt. Das augenscheinlichste Beispiel dafür ist die Chemie. Auf der Analyse in Verbindung mit der Logik basieren alle Naturwissenschaften und viele angewandte Geisteswissenschaften wie z. B. die Sozialwissenschaften. Die Analyse führt zur Erkenntnis vieler Teilgesetze und Gesetzmäßigkeiten hin, auch wenn sie oft nicht bis zur Grenze der Erkenntnismöglichkeit ausschöpfbar ist.

Sowohl die Analyse wie die Synthese vermögen die Existenz des Lebendigen nicht absolut zu erfassen.

### 2.3. *Der statistische Standpunkt*

In der Literatur finden sich manchmal leidenschaftliche Appelle für die „Ganzheitsbetrachtung“ und gegen die „mechanistische Betrachtungsweise“. Unter der mechanistischen wird dabei die analytische Betrachtungsweise verstanden. Es ist aber offensichtlich, daß durch die wissenschaftliche Erfassung eines Unterlagenmaterials und dessen — noch in ihren Anfängen stehende — wissenschaftliche Analyse — z. B. in verschiedenen Gebieten des Waldbaues — noch sehr viele Unbekannte übrigbleiben, die viel eher zu einer ganzheitlichen Betrachtung berechtigen würden.

Bei der statistischen Auswertung, die oft nur eine Beschreibung in Zahlen ist, sollen Zusammenhänge und charakteristische Merkmale von *Gesamtheiten* abgeleitet werden. Dadurch eröffnet die statistische Auswertung den ersten Weg zur ganzheitlichen Betrachtung. Durch die statistische Auswertung werden charakteristische Maßzahlen und Gesetzmäßigkeiten innerhalb von Gesamtheiten — oft unter Eliminierung verschiedener Faktoren — abgeleitet. Es werden also meist Zusammenhänge zwischen Weisermerkmalen und in schrittweiser Annäherung die zugrundeliegenden Gesetzmäßigkeiten untersucht. Dieses Vorgehen der statistischen Auswertung ist von außerordentlicher Tragweite und es sollte deshalb — besonders bei der Erforschung von Lebensgemeinschaften — nicht vergessen werden:

Die — durch Auswertung gefundenen — Gesetzmäßigkeiten beschreiben nicht den ganzen Sachverhalt, sondern nur einen — oft grob angenäherten — Aspekt.

Es wird z. B. beim Entwurf von Modellen sehr oft übersehen, daß die der Konstruktion zugrunde gelegten Beziehungen oder Gesetzmäßigkeiten nur einen ungefähren einseitigen Sachverhalt darstellen. Dabei besagt das einfachste mathematisch-statistische Grundprinzip, daß eine noch so umfassende mathematische Darstellung nur im Rahmen der Prinzipien stochastischer (wahrscheinlichkeitstheoretischer) Prozesse erfolgen darf.

### 2.4. *Ganzheitsbetrachtung, Ökologie und Systemtheorie*

Eine wissenschaftliche Ganzheitsbetrachtung ist nur über die Grundlagen der Ökologie möglich. Wird neben der allgemeinen Ökologie mit ihren vielen Unterteilungen noch der neuerdings oft angewandte Begriff Humanökologie akzeptiert, so können die allgemeinen Methoden der ökologischen Forschung für die Belange der Lebensgemeinschaft im biologischen Sinne und die menschliche Gesellschaft im sozialwissenschaftlichen Sinne übernommen werden.

Steinbuch (1969) definiert als „wahr im wissenschaftlichen Sinne“: Aussagen, die zutreffende Prognosen ermöglichen oder die exakte Wiederholbarkeit untersuchter Vorgänge. Für Abläufe in der belebten Materie ist dieser Begriff zu eng.

Die Erfassung der Vorgänge in einer Lebensgemeinschaft ist nur mit Hilfe der Informationstheorie und der Kybernetik möglich.

Eine Lebensgemeinschaft kann einem offenen System mit irreversiblen Vorgängen gleichgestellt werden. Dieses System befindet sich in einem sogen. Fließgleichgewicht (vlg. auch v. Bertalanffy 1969). Die Lebensgemeinschaft kann ihr Gleichgewicht aufrechterhalten, auch wenn die Außenbedingungen mehr oder weniger variieren. Eine Störung des Gleichgewichtes kann durch einen Selbstregelungsmechanismus ausgeglichen werden. Die Erforschung der Selbstregelungsmechanismen ist Aufgabe der Kybernetik. Maßgebend für den Regelungsmechanismus ist die Einheit der Information, die mathematisch ähnlich definiert wird, wie die Entropie (vgl. Galoux, 1963). Für das Verständnis der Organismen oder Lebensgemeinschaften unentbehrlich ist der Begriff der Organisation, der leider noch nicht befriedigend definiert werden kann.

Durch Einführung des Konzeptes der Selbstregelungssysteme in die uns bekannten Gesetzmäßigkeiten von Lebensgemeinschaften ist es möglich, eine neue, höhere Ebene dieser Organisation zu erfassen. Damit wäre die empirisch immer geforderte Ganzheitsbetrachtung auf wissenschaftlich formulierbare Grundlagen gesetzt.

Bei Betrachtung der menschlichen Gesellschaft ist es notwendig, außer der Ebene der Organisation noch andere Ebenen zu unter-

scheiden, wie z. B. Begriffskonstruktionen, die an Fähigkeiten des Geistes appellieren oder Bedürfnisse des menschlichen Geistes und der Seele befriedigen, wie beispielsweise die Glaubenswelt. Wissenschaftliche Überlegungen, die sich in der Anerkennung von ein oder zwei Ebenen begrenzen, haben m. E. deshalb keinen Anspruch auf wissenschaftliche Objektivität. Zumindest muß jede Wissenschaftstheorie die Möglichkeit der Existenz anderer Ebenen der Erklärung zulassen.

2.5. *Modelle der Wirklichkeit, Systemtheorie*

Da Wälder als offene Ökosysteme betrachtet werden müssen, ist es notwendig, ökologische Gesichtspunkte für die ganzheitliche Erforschung dieser Lebensgemeinschaften heranzuziehen.

Zur Ermöglichung von Prognosen ist die Konstruktion von Modellen der Wirklichkeit — sogen. Abbildungen — erforderlich. Dies ist mit Hilfe sozialökonomischer, ökologisch orientierter Methoden möglich.

Die Darstellung der verschiedenen Methoden zur Erstellung von Modellen der Wirklichkeit erscheint hier etwas zusammenhanglos und soll deshalb kurz erläutert werden.

Eine Möglichkeit, ein Modell der Wirklichkeit darzustellen, ist das Ertragstafelmodell. Aus den Ertragstafeln kann entnommen werden, wie sich Bestände verschiedener Kategorien und verschiedener Bonitäten entwickeln und außerdem können betriebswirtschaftliche oder ertragskundliche Berechnungen damit gemacht werden. Das Ertragstafelmodell basiert auf der Anwendung statistischer Beziehungen. Ähnliche statistische Modelle können beliebig viele aufgezählt werden. Eine andere Reihe von Modellen — wie z. B. Modelle der Unternehmensforschung — entstehen im Rahmen von Optimalisierungsbedingungen. Die bekanntesten sind die Linearprogrammierung und die dynamische Programmierung. Hier wird für ein Modell mittels statistischer Beziehungen eine Minimum- oder Maximum-Bedingung gestellt. Alle diese Modelle sind, auch wenn sie sehr umfangreiche statistische Beziehungen zugrundelegen, nicht vollständig, da sie aus analytischen Überlegungen stammen. Sie haben damit einen mehr oder weniger erkennbaren Konstruktionsfehler. Zur möglichst vollständigen Darstellung ökologischer Systeme müssen äußerst umfangreiche und komplizierte Verfahren der Systemtheorie angewendet werden.

So hat z. B. HESS die Kette von 14 Reaktionen der Glukose in der Zelle mit einem Modell von mehr als 100 nichtlinearen Differentialgleichungen berechnet (zitiert nach v. BERTALANFFY 1969).

Umfangreiche mathematische Berechnungen erfordern komplizierte Notationen wie z. B. die Matrizen bzw. Matrizenrechnung. Tabelle 1 (nach v. BERTALANFFY) zeigt beispielsweise, daß auch die mathematischen Ansätze für eine Annäherung der Wirklichkeit sehr schwierig anzuwenden sind.

Sehr leistungsfähige elektronische Rechenanlagen sind unbestreitbar ein Hilfsmittel, ohne das viele Auswertungen und Modellkonstruktionen überhaupt nicht möglich wären. Andererseits ist aber die Anhäufung von Aufnahme- und Versuchsdaten in den praktisch angewandten Wissenschaften — wie z. B. in der Forstwissenschaft — so groß, daß eine vollständige Auswertung auch durch die leistungsfähigsten Rechenanlagen illusorisch ist. Mit Hilfe der einfachsten Sätze der Kombinatorik und der Graphentheorie kann bewiesen werden, daß schon bei verhältnismäßig wenig umfangreichem Material die Ausschöpfung aller Kombinationsmöglichkeiten die Leistungsfähigkeit der Computer weit übersteigt. Es wird deshalb immer notwendig sein, eine strenge Auswahl zu treffen, um erfolgversprechende Auswertungen, die unseren bisherigen Anschauungen entsprechen, zu gewährleisten. Andererseits zeigt jedoch die Geschichte der Wissenschaften, daß nicht selten eine ganz ausgefallene Kombination oder Vorstellung von einem Vorgang zu völlig neuen Erkenntnissen und ungeahnten Fortschritten geführt hat. Es darf nur nicht übersehen werden, daß die einfachsten Erscheinungen oft die höchsten mathematischen Instrumentationen benötigen.

## 3. Zur Klassifikation der Forstwissenschaften

3.1. *Postulate*

Zur Interpretierung und Darstellung analytischer Forschungsergebnisse muß bei der Lösung naturwissenschaftlicher Problemstellungen der ökologische und der „systemorientierte" Standpunkt berücksichtigt werden.

Bei den technischen und ökonomischen Disziplinen müssen sozialökonomische Theorien beachtet werden, um kein einseitiges Bild der Wirklichkeit entstehen zu lassen (vgl. auch KREMSER, 1970).

Vorteilhaft in den meisten Bereichen erweist sich der *Begriff des offenen Systems.*

Ein offenes System ist von der Einflußnahme außerhalb liegender Faktoren abhängig und wirkt umgekehrt auf seine Nachbarschaft bzw. Umwelt ein.

1. Beispiel: Ein Waldbestand stellt ein offenes Ökosystem dar. Die durch vielfältige Beziehungen miteinander verbundenen Pflanzen und Tiere bilden die Lebensgemeinschaft Wald. Sie brauchen für ihre Ernährung und ihr Wachstum ein bestimmtes Milieu und bestimmte Stoffe, die sie der Umwelt entziehen. Durch die Ernte des Holzes wird der Lebensgemeinschaft Wald ein Teil ihrer Produktion entzogen. Die Auswirkung der Entnahme kann durch Düngung oder andere Maßnahmen gemindert werden. Auf alle Fälle aber werden die Bedingungen der Lebensgemeinschaft verändert. U. U. wird auch das aus diesem Bestand abfließende Wasser durch den Dünger wesentlich verändert.

2. Beispiel: Ein Cellulose-Werk verarbeitet jährlich eine Menge Holz. Dafür wird eine Menge Wasser verbraucht. Dieses Wasser wird einem Bach oder dem Grundwasser entnommen. Es wird nach Gebrauch in verschmutztem Zustand der Umwelt wieder zurückgegeben.

Tabelle 1:
**Einteilung der mathem. Aufgaben nach ihrer Lösbarkeit. Nach FRANKS 1967 aus: v. BERTALANFFY 1969**

| | Lineare Gleichungen | | | Nichtlineare Gleichungen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gleichung | eine Gl. | mehrere Gl. | beliebig viele Gl. | eine Gl. | mehrere Gl. | beliebig viele Gl. |
| algebr. | trivial | leicht | meistens unmöglich | sehr schwer | sehr schwer | unmöglich |
| Gewöhnlich Diff. Gl. | leicht | schwer | meistens unmöglich | sehr schwer | unmöglich | unmöglich |
| partielle Diff. Gl. | schwer | meistens unmöglich | unmöglich | unmöglich | unmöglich | unmöglich |

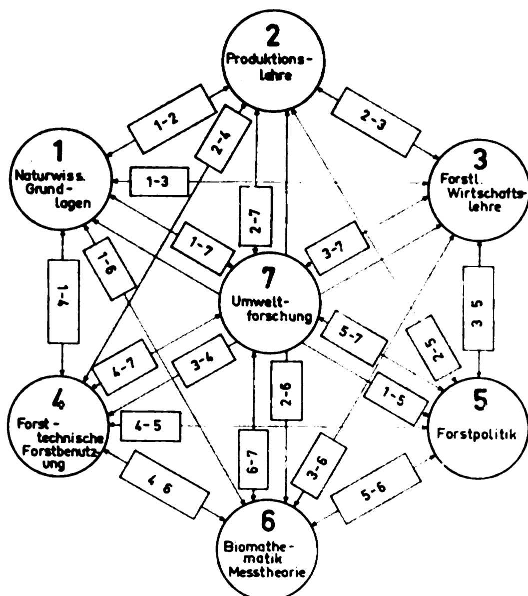



Abb. 2
Vielfache Querverbindungen zwischen den Hauptgebieten der Forstwissenschaften. Die Pfeile zeigen die möglichen Verbindungen. Jeder Pfeil steht für viele Grenz- und Zwischengebiete, die hier nicht vollständig aufgezählt werden können. Die einzelnen Punkte sind gleichwertig.

Ökologen fordern, daß im Interesse des Umweltschutzes wirtschaftliche Unternehmen geschlossene Systeme sein sollen. Es ist auf lange Sicht auch unumgänglich, daß Betriebe, Gemeinden usw. ihr Wasser durch entsprechende Kläranlagen nur noch in gereinigtem Zustand zurückgeben.

In Abb. 2 wurde (ähnlich wie in Abb. 1) versucht, die vielfältigen Beziehungen zwischen den einzelnen Wissenschaftsgebieten graphisch darzustellen.

Dazu ist noch zu bemerken: Bei (1) Naturwissenschaftliche Grundlagen wurde nicht weiter definiert.

Die allgemeine und spezielle Botanik, die Bodenkunde und die Standortslehre, die allgemeine Zoologie und spezielle Zoologie usw. sind hier einzuordnen.

Zu (2) Produktionslehre gehören die Waldbauwissenschaft, die Ertragslehre, Teile der Holzernte usw. Außerdem können noch beliebig feinere Unterteilungen vorgenommen werden.

Bei den Punkten 3, 4 und 5 sind ebenso weitere Aufteilungen notwendig.

In Fortführung früherer Einteilungssysteme erscheint als zusätzliches Arbeitsprogramm (Punkt 7) die Umweltforschung.

Wesentliche Teile der Umweltforschung wie z. B. die Infrastruktur und die Suprastruktur wurden in der Forstlichen Betriebswirtschaftslehre und in der Forstpolitik sowie gelegentlich auch in anderen Disziplinen schon lange behandelt. Es erwies sich aber als notwendig, der Umweltforschung einen eigenen Platz zuzuordnen.

Der Biomathematik (Punkt 6), zu der noch die Wirtschaftsmathematik, die Meßtheorie und Meßtechnik und die Physik gehören, soll durch die Darstellungsart keine größere Bedeutung zugemessen werden.

Die einzelnen Punkte der Darstellung können an sich beliebig verteilt werden. Durch die zunehmende Quantifizierung der Ergebnisse und Vorgänge in allen Teilwissenschaften kommt der Biomathematik allerdings zentrale Bedeutung zu.

Die Pfeile der Querverbindungen sollen das Ineinandergreifen der einzelnen Disziplinen veranschaulichen. Zu 1 - 2 gehören beispielsweise: Ökologische Grundlagen des Waldbaues, Klimatologie, Zuwachslehre usw. Zu 3 - 6: Ökonometrische Methoden in der Forstlichen Betriebswirtschaftslehre, EDVA im Forstwesen usw.

### 3.2. *Vergleich der europäischen und außereuropäischen Forstwissenschaft*

Durch das im Laufe vieler Jahrzehnte erhobene, sehr umfangreiche und vielfältige Unterlagenmaterial erreichte die wissenschaftliche Auswertung der Daten eine so beachtliche Verfeinerung und große Zuverlässigkeit, daß die europäische Forstwissenschaft — mit Ausnahmen — auf allgemeine wissenschaftliche Hypothesen verzichten kann. Die Ergebnisse sind so gesichert, daß sie auch für den Ausbau neuer Theorien von größtem Wert sind.

In außereuropäischen Ländern, die keine Aufnahmedaten zur Verfügung haben, werden die Grundlagenwissenschaften zur erklärenden Überbrückung stärker herangezogen. Dabei werden mit Vorliebe mathematische Methoden — insbesondere die Konstruktion von Modellen und die Simulationstechnik — verwendet. Die Ergebnisse sind für den Europäer, der an ein großes Datenmaterial gewöhnt ist, nicht immer befriedigend. Schlußfolgerungen mit unvollständigen Daten, die durch Simulationsmodelle überbrückt werden, muten manchmal grob oder naiv an. Die Resultate erreichen bezüglich Feinheit und Vielfältigkeit die Ergebnisse europäischer Forschungen oft nicht.

Dies besagt über den Wert der Arbeiten nichts, sondern soll lediglich die Verschiedenheit der Arbeitsmethoden erklären.

Als Beispiel für die Betonung des ökologischen (gesamtheitlichen) Denkens können die waldbaulich-ertragskundlichen Forschungen von MITSCHERLICH gelten. Die von ihm eingeleiteten Arbeiten haben die Wendung zu einer naturwissenschaftlichen Grundlegung der Forstlichen Ertragslehre vollzogen.


**Summary**

Titel of the paper: *For a new Orientation in the Forest sciences.*

The forest disciplines are connected with each other in many various and complex interdependencies so that the field of each discipline cannot be delineated.

The analytical point of view of the exact sciences led to a mechanistic compartmentalization.

New points of view, like the statistical and the ecological ones, and new conceptual tools like the operations research methods, the kybernetics, and the mathematical system theory can help to understand the interdependencies between the various areas of the forest sciences.

Fig. 2 tries to demonstrate these interdependencies.

Forest yield science (Forstliche Ertragslehre) shows a development from a formal to an ecological science.

G. MITSCHERLICH's studies and research contributed to this development.



**Résumé**

Titre de l'article: *Pour une réorientation dans la classification des sciences forestières.*

Les nombreux domaines des sciences forestières sont liées par relations complexes de manière qu'une délimitation de chaque domaine est tout à fait impossible.

Le point de vue analytique si adéquate pour les sciences de la matière inorganisée (chimie, physique), a mené dans le domaine de la biologie et de la sociologie à une atomisation effrayante.

C'est le point de vue statistique et écologique qui constitue un nouvel point de départ pour une réorientation des sciences forestières.

Aussi c'est besoin des nouvelles méthodes mathématiques, comme les recherches opérationelles, la cybernétique et la théorie-générale des systems.

En Fig. 2 on tente de représenter graphiquement les multiples relations existantes entre les domaines très variés des sciences forestières.

Les travaux de MITSCHERLICH en acrentuant le point de vue écologique ont contribué pour établir une base scientifique exacte du domaine de l'accroissement et de la production forestière.

### Literatur

ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde. BLV München. — Ders., 1970: Ziele, Methoden und Organisation der forstlichen Forschung. Fwiss. Cbl. — BAKUZIS, E., 1969: Forestry viewed in an Ecosystem Perspective. In VAN DYNE (Edit.): The Ecosystem concept in Natural ressource managemcnt. Acad. Press. Inc. New York. — BERTALANFFY, v. L., 1969: General System Theory. G. Braziller, New York. — DIETERICH, V., 1970: Forstliche Futurologie. Fwiss. Cbl. — Ders., 1943/1946: Forstliche Betriebswirtschaftslehre. 3 Bde. Berlin. — GALOUX, A., 1963: Approche energetique et cybernetique de la hêtraie. Lejeunia No. 23. — KAPP, K. W.: Toward a science of man in society. — KREMSER, W., 1970: Die forstliche Produktion im Spannungsfeld der Bedürfnisse der modernen Industriegesellschaft. Der Fo. u. Ho. — MITSCHERLICH, G., 1949/1950: Die Bedeutung der Wuchsgebiete für das Bestandeswachstum von Kiefer, Fichte, Douglasie, Buche, Eiche, Erle und Birke. Fw. Cbl. — Ders., 1970: Wald, Wachstum und Umwelt, Sauerländer's Verl. — PRODAN, M, 1961: Forstliche Biometrie, BLV München. — Ders., 1965: Holzmeßlehre. Sauerländer's Verlag. — ROUSSEL, L., 1970: La notion de niveaux d'energie et son interêt en silviculture. Rev. For. Franc. No. 2. — STEINBUCH, K.: Falsch programmiert. dtv. 1969 Stuttgart. — STEINLIN, H. J., 1964: Die Lehre von der Forstbenutzung. Vortrag: Forstl. Hochschulwoche. — WEBER, H. W., 1929: Das System der Forstwirtschaftslehre. Gießen, 2. Aufl. — Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen 1970: Sonderheft über die Forstwirtschaft im Jahre 2000 mit zahlreichen Beiträgen. — Die Waldbaulehrbücher von: BAUER, BÜHLER, DENGLER, KÖSTLER, LEIBUNDGUT, MOROSOW, TSCHERMAK, WOHLFAHRT.

# Ertragskundliche, bodenkundliche und genetische Untersuchungen in alten Kiefern-Krüppelbeständen und benachbarten Kiefern-Jungwüchsen des Haardtrandes

**(Versuch einer nachträglichen Klärung der Ursachen des Krüppelwuchses in den Althölzern)**

(Aus den Instituten für Forstliche Ertragskunde, Bodenkunde und Biologische Holzforschung der Universität Freiburg i. B.)

**Herrn Professor Dr. G. MITSCHERLICH mit den herzlichsten Glückwünschen zur Vollendung des 60. Lebensjahres gewidmet**

(Mit 4 Abbildungen und 4 Tabellen)

Von K. G. KERN, W. MOLL, W. E. BLUM und H. J. BRAUN

**Inhalt**



## 1. Gründe für die vorliegenden Untersuchungen

In den früher stark streugenutzten, heute überwiegend mit Kiefern bestockten Waldungen des Haardtrandgebiets im Osten des Pfälzer Waldes treten mitunter krüppelhaft anmutende Kiefern-Altbestände (Abb. 1) und offensichtlich wesentlich besser wüchsige Kiefern-Jungbestände unmittelbar nebeneinander auf. Dabei ist es durchaus kein ungewohntes Bild, daß angehende Stangenhölzer die Altbestände bereits deutlich im Höhenwachstum überflügelt haben. Diese Erscheinung hat sowohl die hier wirtschaftenden Forstleute als auch manchen der zahlreichen Wanderer zum Nachdenken angeregt, wobei im allgemeinen folgende Vermutungen laut werden:

- Die Altbestände sind aus schlechtrassigem, die jüngeren aus besserem Saatgut entstanden.
- Die Böden waren zur Zeit der Begründung der Altbestände durch planlosen, zum Teil durch die Kriegswirren bedingten Raubbau, Waldweide und intensive Streunutzung so abgewirtschaftet, daß auf ihnen nur krüppelhaftes Wachstum möglich war. Mit dem Beginn einer geordneten Forstwirtschaft, etwa ab dem dritten Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts, trat durch die bessere Regelung der Streunutzung sowie durch die Neubegründung geschlossener Bestände eine langsame,



Abb. 1
*110 j. Kiefern-Krüppelbestand im Distrikt Hochberg des Stadtwaldes Edenkoben*
(Höhenbonität nach Wiedemann m. D. < V)

natürliche Regeneration der Standorte ein, welche das bessere Gedeihen der Jungwüchse ermöglichte.

- Der Krüppelwuchs der Altbestände ist eine Komplexwirkung von schlechter standörtlicher Ausgangslage und geringwertigem Kiefernsaatgut.

Jede dieser Theorien kann eine gewisse Wahrscheinlichkeit für sich beanspruchen.

So war einerseits der Waldzustand in diesen alten Gemeinschaftswaldungen („Haingeraiden") zu Beginn des 19. Jahrhunderts erbärmlich (vergl. z. B. Beschreibung der Schänzelschlacht von 1794 im Preuß. Militärwochenblatt von 1825, Waldstandsrevision des Stadtwaldes Edenkoben von 1852, KEIPER 1930, ANTES 1933).

„Ganze Berge, namentlich des vorderen Gebirges, waren kahl, die vorhandenen Bestände durch Frevel und Waldweide verlichtet, das Laubholz so ziemlich überall verschwunden, an seiner Stelle reine Kiefern von teilweise krüppelhaftem Wuchs, der Boden auf weiten Strecken durch Streunutzung auf viele Jahrzehnte hinaus seiner natürlichen Ertragsfähigkeit beraubt" (ANTES 1933).

Andererseits war aber der Leistungsunterschied verschiedener Kiefern-Herkünfte damals noch weitgehend unbekannt, so daß der Auswahl geeigneten Saatguts mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit keine Aufmerksamkeit geschenkt worden ist.

„Während nun in vielen Gegenden Deutschlands und anderer Länder nicht nur der Großgrundbesitzer, sondern auch der kleine Bauer bei der Auswahl des Saatgutes rationell vorgeht, ist in der Forstwirtschaft im großen und ganzen noch alles beim Alten geblieben ... Es war und wird allgemein nur eine entsprechend hohe Keimkraft und normale Reinheit verlangt ... Erst in neuster Zeit legen einige Forstbehörden, nachdem sie in Erfahrung gebracht haben, in welchem großen Maße ausländische Samen zum Verkauf gelangen, Wert auf Angabe der Provenienz." (SCHOTT 1904).

Der Frage, ob das bessere Wachstum der Jungbestände auf genetische oder standörtliche Ursachen zurückzuführen ist, kommt im Hinblick auf die natürliche Regeneration unserer ehemals stark streugenutzten Böden forstwirtschaftlich einige Bedeutung zu. So haben wir versucht, der Klärung auf folgende Weise näher zu kommen:

In 3 Kiefern-Krüppelaltbeständen des Haardtrandes (Bon. < V WIEDEMANN m. D., Alter > 100 Jahre), in deren unmittelbarer Nachbarschaft offensichtlich besser wüchsige Jungbestände vorhanden sind, wurden an vorherrschenden bis herrschenden Bäumen Zapfen geerntet und das daraus gewonnene Saatgut zusammen mit dem Saatgut einiger bekannter Provenienzen im Versuchsgarten Lehen bei Freiburg zur Aussaat gebracht. Darüber hinaus haben wir in den drei Alt- und benachbarten Jungbeständen Stamm- und Nadelanalysen an je drei vorherrschenden bis herrschenden Bäumen sowie umfangreiche vergleichende Bodenuntersuchungen durchgeführt.

Herrn Bürgermeister BOLLENBACH und dem Stadtrat von Edenkoben danken wir für die Möglichkeit, diese Untersuchungen im Stadtwald von Edenkoben durchzuführen.

Der zuständige Bezirksbeamte, Ofö. GRÜNENWALD, hat uns bei den Außenarbeiten (Zapfengewinnung, Stammanalysen, Entnahme der Nadel- und Bodenproben) tatkräftig unterstützt.

Forstref. SCHLETZ war bei der Auswertung der Stammanalysen behilflich. Die genetischen Fragen konnten nur dank der Mitwirkung von Frl. BERLIN sowie der Herren FRÖMEL, HILL und VANSELOW bearbeitet werden. Die umfangreichen Boden- und Nadelanalysen im Labor wurden von Frl. DITTMER, Frau EHRET, Frau GOEZE und Frau RIESER durchgeführt; die Schreibarbeiten erledigte Herr LANG, und die Zeichnungen wurden von Frau SCHREMPP gefertigt.

Ihnen allen gebührt für die ausgezeichnete Unterstützung unser herzlicher Dank.

## 2. Beschreibung der 3 ausgewählten Vergleichsreihen *)

*Klima:* Mittlere Jahrestemperatur DWD-Station Weinbiet (553 m ü. NN) 7,8 °C., mittl. Jahresniederschläge (Weinbiet 1960 - 69) 620 mm, davon 365 mm von April - September.

*Gestein:* Hauptbuntsandstein (Rehberg- und Karlstalschichten).

*Boden:* Die Untersuchungsbestände stocken auf flach- bis mittelgründigen Podsolen — Podsolbraunerden. Die Körnung der Böden ist sandig, mit einem durchschnittlichen Anteil von 55 - 65 % Grobsand, 25 - 35 % Feinsand, 10 - 15 % Schluff und 2 - 8 % Ton. Ab 10 cm Bodentiefe nimmt der Skelettanteil stark zu und erreicht ab 25 - 30 cm meist mehr als 60 Volumprozent.

Unterschiede zwischen den VRn 1 und 2 gegenüber 3 liegen in der Körnung, Mineralzusammensetzung und organischen Substanz.

Die Böden der VR 3 haben im Durchschnitt höhere Schluff- und Tongehalte und liegen damit an der Obergrenze der o. g. betreffenden Körnungswerte. Außerdem ist der Anteil an Glimmern in der Feinschluff-Fraktion höher als bei den VRn 1 und 2 und der Anteil an Illit und illitabgeleiteten 3-Schichttonmineralen, vor allem Vermiculit und unregelmäßigen Wechsellagerungsmineralen, in der Tonfraktion höher. Bei den VRn 1 und 2 überwiegen Kaolinit und Quarz. Gewisse Unterschiede zwischen den VRn bestehen auch in Humusmenge und Humuszusammensetzung, was in Kap. 4.3 näher ausgeführt wird.

Allen Böden ist ein sehr geringer Gehalt an Primärsilikaten, anorganischen Sorptionsträgern (Tonmineralen) und damit an nachlieferbaren mineralischen Nährelementen gemeinsam. Außerdem weist die Tonfraktion mit überwiegend Quarz und Kaolinit eine extrem ungünstige Zusammensetzung auf. Daher wird der Nährstoffhaushalt der Böden vor allem von der organischen Substanz bestimmt, eine Feststellung, die für die Interpretation der in Kap. 4.3 erläuterten Analysenergebnisse von Bedeutung ist.

*Besonderheit:* Wechselnde, z. T. starke Streunutzung, im ortsnahen Bereich bis in die ersten 3 Jahrzehnte unseres Jahrhunderts andauernd. Nach Einstellung der Streunutzung — infolge nachhaltiger Schädigung der Bodenlebewelt — in den älteren Beständen Ansammlung von Rohhumus.

### *Vergleichsreihe (VR) 1*

Höhenlage ca. 550 m ü. NN; Exposition SW; Inklination ca. 12°.

a) I 7a² Vorderes Geiersnest
i. D. 121jähriges Kiefern-Altholz mit etwas Unterstand aus Eichen- und Buchen-Stockausschlägen; Höhenbonität nach WIEDEMANN m. D. < V; Durchschnittshöhe ($h_v$) der 3 vorherrschenden bis herrschenden Probebäume 13,1 m. Hauptwurzelzone (HWZ) 5 - 40 cm.

b) I 7a¹ Vorderes Geiersnest
15jährige Kiefern-Dickung mit einzelnen Buchen;
$h_v$ = 5,6 m; HWZ 2 - 15 cm.

c) I 7a¹ Vorderes Geiersnest
11jährige Kiefern-Dickung mit einzelnen Buchen;
$h_v$ = 3,4 m; HWZ 2 - 20 cm.

### *Vergleichsreihe (VR) 2*

Höhenlage ca. 500 m ü. NN; Exposition SW; Inklination ca. 25°.

a) I 7b Vorderes Geiersnest
i. D. 119jähriges Kiefern-Altholz mit etwas Unterstand aus Eichen- und Buchen-Stockausschlägen; Höhenbonität nach WIEDEMANN m. D. < V; $h_v$ = 13,7 m; HWZ 5 - 30 cm.

*) Im Text werden folgende Abkürzungen verwendet: VR = Vergleichsreihe; VRn = Vergleichsreihen.

b) I 6b Schemelweg
31jähriges Kiefern-Stangenholz mit einzelnen Stockausschlägen von Eiche, Buche und Edelkastanie, einzelne Stroben und Fichten. Höhenbonität nach WIEDEMANN m. D. III,5;
$h_v$ = 9,9 m; HWZ 5 - 30 cm.

c) I 6b Schemelweg
16jährige Kiefern-Dickung;
$h_v$ = 4,7 m; HWZ 3 - 25 cm.

*Vergleichsreihe (VR) 3*

Höhenlage ca. 530 m ü. NN; Exposition W; Inklination ca. 10°.

a) II 3b² Am Gefleckten
i. D. 129jähriges Kiefern-Altholz mit einzelnen Eichen-Stockausschlägen im Zwischenstand; Höhenbonität nach WIEDEMANN m. D. < V;
$h_v$ = 14,3 m; HWZ 5 - 40 cm.

b) II 8a² Kohlplatz
i. D. 90 jähriges Kiefern-Baumholz mit einigen unter- und zwischenständigen Eichen- und Buchen-Stockausschlägen; Höhenbonität nach WIEDEMANN m. D. IV;
$h_v$ = 17,2 m; HWZ 5 - 40 cm.

c) II 3b¹ Am Gefleckten
19jährige Kiefern-Dickung;
$h_v$ = 7,7 m; HWZ 3 - 25 cm.

d) II 3b¹ Am Gefleckten
13jährige Kiefern-Dickung;
$h_v$ = 4,2 m; HWZ n. b.

## 3. Die angewandte Untersuchungsmethodik

### 3.1. *Stammanalysen*

Als Probebäume haben wir pro Bestand 3 vorherrschende bis herrschende Stämme entnommen, und zwar in den VRn 1 und 2 im November 1969, in VR 3 ein Jahr später. Der Höhenwachstumsgang der über 30jährigen Probestämme wurde durch Entnahme von Stammscheiben in 1 m Abstand auf gesamter Länge rekonstruiert, das Stärkenwachstum in Brusthöhe an den 1,3-m-Scheiben. Bei den jüngeren Bäumchen waren die Jahreshöhentriebe noch eindeutig erkennbar, so daß sie direkt ausgemessen werden konnten. Im Zweifelsfalle wurden kontrollierende Jahrringzählungen durchgeführt.

### 3.2. *Nadelanalysen*

An den gefällten Probebäumen wurden im November 1969 (VRn 1 u. 2) bzw. 1 Jahr später (VR 3) vom obersten Seitentrieb halbjährige Nadeln entnommen und zu Mischproben zusammengefaßt.

Im Labor wurden folgende Bestimmungen durchgeführt: 100-Nadel-Gewicht und -Volumen, frisch und 105°C-trocken. An gemörserten, homogenisierten und 105°C-trockenen Proben: Aschengewicht in % der Trockenmasse; C-Gesamt ($C_t$) nach nasser Verbrennung, colorimetrisch; N-Gesamt ($N_t$) im KJEHLDAL-Aufschluß, titrimetrisch; freies $NO_3$-N und B-Gesamt, colorimetrisch nach PEACH u. TRACEY (1956); nach Veraschen im 10%-HCl-Aufschluß die Elemente Na, K, Mg, Ca flammenphotometrisch; Fe, Mn, Al und P colorimetrisch und z. T. flammenphotometrisch (vgl. SCHLICHTING u. BLUME 1966).

### 3.3. *Bodenanalysen*

An ausgewählten Bodenprofilen in den Untersuchungsbeständen wurden im Sommer 1970 im Abstand von 5 zu 5 cm Gewichtsproben entnommen, außerdem Volumenproben (Stechzylinder) für die spätere Umrechnung der chemischen und biologischen Analysenwerte auf ha.

An Stechzylindervolumenproben wurden Wassergehalt (Vol-%) und Raumgewicht ermittelt.

An Gewichtsproben wurden bestimmt: Biologische Aktivität (Saccharase-Aktivität) nach HOFFMANN und PALLAUF (1965); Körnung mittels nasser Siebung und Pipettenmethode (KÖHN); C-Gesamt ($C_t$) mittels nasser Verbrennung, colorimetrisch; N-Gesamt ($N_t$) im KJEHLDAL-Aufschluß, titrimetrisch; Sorptionswerte (T-, S-Wert) nach MEHLICH (vgl. SCHLICHTING und BLUME, 1966); Na, K, Mg, Ca flammenphotometrisch, P colorimetrisch im 1% Zitronensäureauszug; Na, K, Mg, Ca flammenphotometrisch, Fe, Mn, Al und P colorimetrisch und flammenphotometrisch im 3% HCl-Auszug; oxalatlösliches Fe ($Fe_0$) colorimetrisch nach SCHWERTMANN (1964). Zur Beurteilung der anorganischen Nährstoffbilanz, insbesondere der Nährstoffnachlieferung aus Mineralen und des Nährstoffumtauschs wurden an der Schluff- und Tonfraktion differentialthermoanalytische und röntgenographische Untersuchungen durchgeführt.

Die Ergebnisse der chemischen und biologischen Untersuchungen wurden auf ha-Werte (5-cm-Stufen) umgerechnet und für den am intensivsten durchwurzelten Bodenraum (0 - 20 cm) zusammengefaßt. Die in den Jungbeständen an Balken und Riefen getrennt festgestellten Werte wurden im Hinblick auf die gemeinsame Durchwurzelung gemittelt.

### 3.4. *Absaaten*

Das im Dezember 1966 von 5 vorherrschenden bis herrschenden Bäumen pro Altbestand gewonnene Saatgut wurde im Institut für biologische Holzforschung geklengt und im Mai 1967 zusammen mit dem zum Vergleich angekauften Samen bekannter Herkünfte ausgesät. Die Verschulung von ca. 50 der kräftigsten Pflanzen pro Herkunft erfolgte im April-Mai 1968 im Versuchsgarten Lehen bei Freiburg (Verband 40 x 40 cm).

Die Höhentriebe wurden nach Abschluß jeder Vegetationszeit aufgemessen und gleichzeitig das Ausfallprozent festgestellt. Beobachtungen hinsichtlich unterschiedlichen Austreibens der angebauten Provenienzen blieben bisher ohne bemerkenswerte Ergebnisse, so daß auf sie im folgenden nicht mehr eingegangen wird. Das Stärkenwachstum soll erst bei der abschließenden Aufmessung in 1 - 2 Jahren erfaßt werden.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. *Stammanalysen*

Nach Abbildung 2, in der die Ergebnisse der Stammanalysen und Höhentriebsmessungen aufgezeichnet sind, ergibt sich in allen 3 Vergleichsreihen eine deutliche Staffelung des Höhenwachstumsganges in Abhängigkeit vom Endalter.

So benötigten beispielsweise in der VR 1 (links) die vorherrschenden Bäumchen der Dickung zum Erreichen einer Höhe von 5 m 14 Jahre, im benachbarten Altholz waren es hingegen 52 Jahre, also die dreifache Zeit. In VR 2 (Mitte) wurden 5 m Höhe von Dickung und Stangenholz in 17 Jahren, beim Altholz hingegen erst in 45 Jahren erreicht, in VR 3 (rechts) von der Dickung in 15, dem Baumholz in 29 und dem Altholz in 40 Jahren.

In allen 3 Fällen hat sich also gezeigt, daß die Höhenentwicklung vorherrschender — herrschender Bäume in den früher begründeten Beständen deutlich schlechter war als in den später angelegten.

Auch die Stärkenentwicklung in Brusthöhe läßt ähnliches erkennen (Tab. 1). In gleicher Weise wie bei der Höhenentwicklung eilen hier die jungen Bestände deutlich voraus. Greifen wir als Beispiele in VR 1 das Alter 11, in VR 2 das Alter 16 und in VR 3 das Alter 13 heraus.

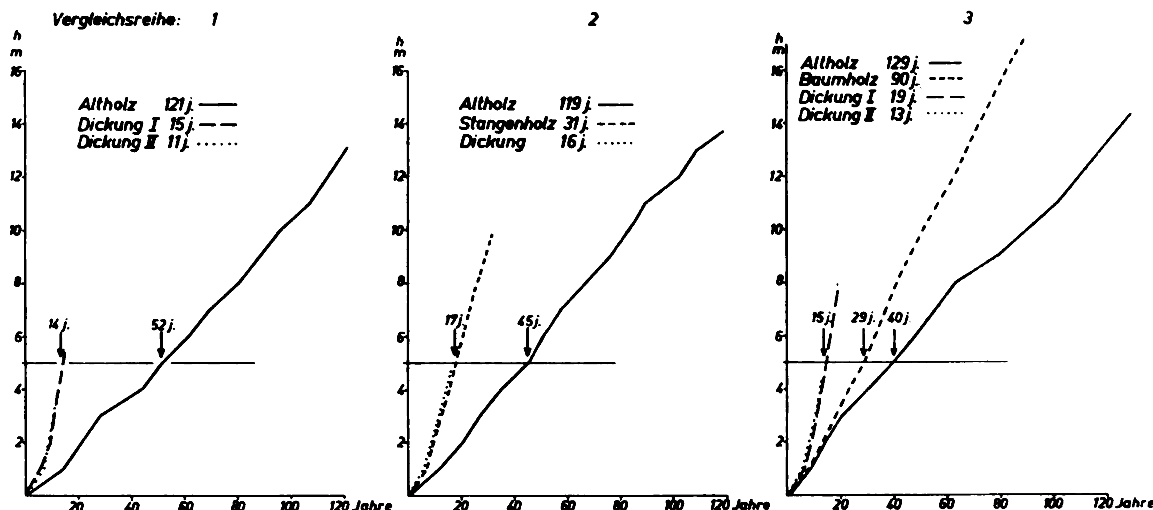



Abb. 2

*Die durchschnittliche Höhenentwicklung von vorherrschenden — herrschenden Bäumen in den Vergleichsreihen 1 (links), 2 (Mitte) und 3 (rechts).*

Das Höhenwachstum war in den früher begründeten Beständen deutlich schlechter als in den später angelegten. So benötigten beispielsweise die heute im Dickungsalter befindlichen Jungbestände 14 - 17 Jahre um 5 m Höhe zu erreichen, die Althölzer hingegen 40 - 52 Jahre.

Tabelle 1

**Die $d_{1,3}$-Entwicklung o. R. in den 3 Vergleichsreihen**

| | | $d_{1,3}$ o. R. (cm) im Alter | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 11 | 15 | 121 | |
| VR 1 | 11 j. | 3,3 | | | |
| | 15 j. | 3,6 | 6,2 | | |
| | 121 j. | 0 | 0,4 | 25,2 | |
| | | $d_{1,3}$ o. R. (cm) im Alter | | | |
| | | 16 | 31 | 119 | |
| VR 2 | 16 j. | 5,6 | | | |
| | 31 j. | 5,4 | 13,2 | | |
| | 119 j. | 1,0 | 6,4 | 28,4 | |
| | | $d_{1,3}$ o. R. (cm) im Alter | | | |
| | | 13 | 19 | 90 | 129 |
| VR 3 | 13 j. | 5,4 | | | |
| | 19 j. | 5,4 | 9,3 | | |
| | 90 j. | 3,1 | 4,9 | 23,7 | |
| | 129 j. | 1,8 | 3,8 | 19,4 | 27,9 |

VR 1: Während die vorherrschenden Bäumchen der Dickungen im Alter 11 bereits einen Brusthöhendurchmesser von ca. 3,5 cm o. R. ausgebildet hatten, war die Höhe von 1,3 m beim Altholz im gleichen Zeitpunkt überhaupt noch nicht erreicht.

VR 2: Mit 16 Jahren betrug der $d_{1,3}$ o. R. in den Jungbeständen rund 5,5 cm, im Altholz hingegen erst 1 cm.

VR 3: Als $d_{1,3}$-Werte o. R. im Alter 13 wurden in den Jungbeständen ca. $5^1/_2$ cm, im Baumholz rund 3 cm, im Altholz nur knapp 2 cm festgestellt.

Die wesentlich gedämpftere Jugendentwicklung der Altbestände mag zum Teil darauf zurückzuführen sein, daß diese mit großer Wahrscheinlichkeit durch Saat, die Jungbestände hingegen durch Pflanzung begründet wurden. Diese Unterschiede gleichen sich jedoch — bei dem starken Selbstausscheidungsvermögen der Kiefer in der Jugend, auch auf trockeneren Standorten — erfahrungsgemäß bis ins Baumholzalter weitgehend aus (Assmann 1961).

Nach Wiedemann (1947), der die zahlreichen Vergleichsversuche Saat/Pflanzung der ehem. Preuss. Forstl. Versuchsanstalt zusammenfassend bearbeitet hat, gibt es zwei Möglichkeiten:

Tabelle 2

**Die Ergebnisse der Nadelanalysen**

| VR | | Waldort | Alter | Gew. 100 Nadeln (trock. 105°) g | Volumen 100 Nadeln (trock. 105°) ml | Aschengewicht % | $C_t$ % | $N_t$ % | C:N | $N_{NO3}$ | P | K | Ca | Mg | Mn | Fe | Al | B ppm | Jahr der Probenahme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | mg /100 g | | | | | | | | |
| | I 7a$^2$ | Vord. | 122 | 1,17 | 1,43 | 2,75 | 53,6 | 1,50 | 36 | 22 | 95 | 405 | 440 | 88 | 138 | 24 | 28 | 22 | |
| 1 | I 7a$^1$ | Geiersnest | 15 | 1,63 | 2,13 | 2,86 | 51,0 | 1,93 | 26 | 23 | 126 | 610 | 366 | 68 | 116 | 16 | 23 | 19 | 1969 |
| | I 7a$^1$ | | 11 | 1,77 | 2,31 | 2,63 | 51,8 | 1,86 | 28 | 22 | 119 | 605 | 346 | 68 | 102 | 14 | 14 | 21 | |
| | I 7b | Vord. Geiersnest | 119 | 2,10 | 2,51 | 2,67 | 52,8 | 1,61 | 33 | 27 | 115 | 575 | 470 | 68 | 142 | 17 | 21 | 21 | |
| 2 | I 6b | Schemelweg | 31 | 1,35 | 1,59 | 2,84 | 51,8 | 1,80 | 29 | 21 | 119 | 550 | 370 | 88 | 96 | 16 | 15 | 20 | 1969 |
| | I 6b | Schemelweg | 16 | 1,22 | 1,51 | 2,88 | 51,0 | 2,05 | 25 | 20 | 149 | 630 | 306 | 103 | 80 | 14 | 44 | 20 | |
| | II 3b$^2$ | Am Gefleckten | 129 | 1,84 | 2,46 | 1,82 | 57,8 | 1,44 | 40 | 15 | 94 | 385 | 202 | 58 | 53 | 11 | 28 | 6 | |
| 3 | II 8a$^2$ | Kohlplatz | 90 | 2,14 | 2,33 | 2,30 | 56,0 | 1,51 | 37 | 16 | 122 | 542 | 207 | 58 | 107 | 18 | 27 | 11 | 1970 |
| | II 3b$^1$ | Am Gefleckten | 13-19 | 2,07 | 2,37 | 2,72 | 52,8 | 1,79 | 30 | 14 | 136 | 638 | 207 | 69 | 61 | 12 | 49 | 10 | |

1) Die Saat wächst ohne große Schäden geschlossen auf. Hier wird die Saatkultur wesentlich stammzahlreicher als die Pflanzung und wächst dadurch langsamer in die Höhe und in die Stärke. Unterschiede bis zur Zuwachsleistung eines Jahrzehnts zwischen Saat und Pflanzung sind dabei durchaus möglich.
2) Die Saat wird durch Ausfälle (Schütte, Trocknis o. ä.) lückig. Infolge des nicht geschlossenen Aufwachsens sind die Saatkiefern in diesem Falle den gepflanzten Kiefern in den ersten Jahrzehnten im Stärkenwachstum überlegen.

Da Fall 2 gemäß den Angaben in Tab. 1 nicht zutrifft, dürften auf Grund der unterschiedlichen Bestandsbegründung bei den Altbeständen höchstens Wuchsverzögerungen bis zu 10 Jahren auftreten, eine Zeitspanne, die aber in allen 3 Vergleichsreihen weit überschritten wird. Bezogen auf 5 m Höhe betrug nämlich die Zeitdifferenz zwischen Alt- und Jungbestand in VR 1 38 Jahre, in VR 2 28 Jahre und VR 3 25 Jahre.

Auch die Tatsache, daß die Altbestände ab dem Stangenholzalter nicht im Wachstum aufholen, spricht dafür, daß nicht die Art der Bestandsbegründung die Ursache der extrem langsamen Jugendentwicklung ist.

Die Möglichkeit, daß die Witterungsbedingungen bei der Begründung der Altbestände viel ungünstiger waren als bei der Anlage der Jungbestände, ist auszuschließen. In dem von Streunutzung verschonten Hinterwald sind nämlich zur gleichen Zeit ertragreiche Althölzer herangewachsen.

Der unterschiedliche Wuchsrhythmus von Jung- und Altbeständen muß also im wesentlichen andere Ursachen haben, die noch näher zu untersuchen sind.

### 4.2. *Nadelanalysen*

Die in Tab. 2 niedergelegten nadelanalytischen Ergebnisse können nichts über die Entwicklung der Bestände, sondern nur etwas über ihren aktuellen Ernährungszustand aussagen. Bei ihrer Wertung liegt das Schwergewicht auf dem Vergleich der verschiedenaltrigen Glieder derselben VR; daneben ist aber bei den Nährelementen auch die Absolutmenge von Bedeutung, insbesondere im Hinblick auf die Gegenüberstellung mit bekannten Grenzwerten des Mangel- bzw. Optimalbereichs.

Zum Vergleich sollen dabei folgende Daten herangezogen werden (Kern-Moll 1970, Will, Appleton, Slow und Stone 1963, Finck 1969):

| | N | P | K | Ca |
|---|---|---|---|---|
| | % | mg pro 100 g Nadeln | | |
| Mangel | < 1,5 | < 130 | < 400 | < 200 |
| Optimum | > 1,8 | > 180 | > 550 | > 250 |

| | Mg | Mn | Fe | B |
|---|---|---|---|---|
| | mg pro 100 g Nadeln | | | ppm |
| Mangel | < 90 | < 10 | < 10 | < 10 – 15 |
| Optimum | > 110 | > 30 | > 50 | > 15 |

Im einzelnen ergibt sich aus Tab. 2:

- Gewicht und Volumen von 100 Nadeln lassen keine einheitliche Änderungstendenz von den Jung- zu den Altbeständen erkennen.
- Das Aschengewicht ist — mit einer Ausnahme in VR 1 — bei den jungen Kiefern größer als bei den alten.
- Der $C_t$-Gehalt und das C/N-Verhältnis liegen in den Althölzern höher als in den jüngeren Beständen.
- Der N-Gehalt der Nadeln steigt deutlich mit abnehmendem Alter. Die über 90jährigen Bestände liegen im oberen Teil des Mangelbereichs bzw. knapp darüber, die Jungbestände hingegen zum Teil sogar im Optimum, d. h. > 1,8 % (vgl. Abb. 3 Mitte).
- Auch der P-Gehalt steigt mit abnehmendem Alter. Die über 30jährigen Bestände liegen durchweg im Mangelbereich, die Dickungen der VR 2 und 3 nur knapp darüber. Das Optimum

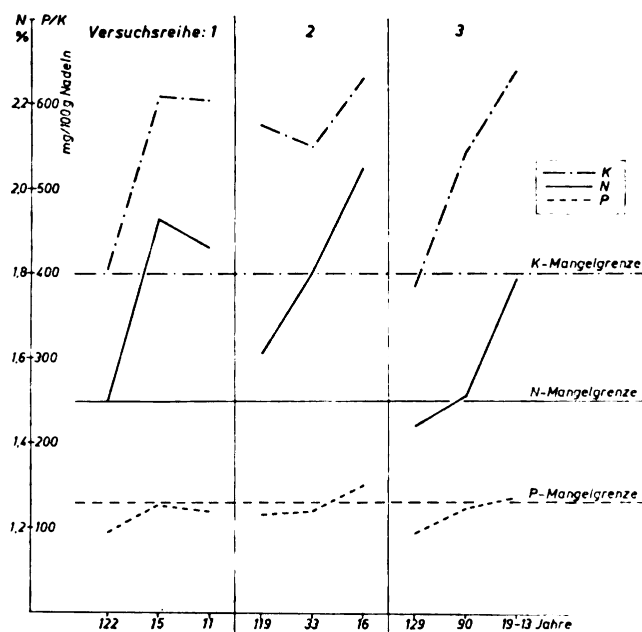



Abb. 3

*N %, P und K in mg/100 g Nadeln in den Vergleichsreihen 1 - 3.*
Die mit abnehmendem Alter besser werdende Versorgung mit N, P und K ist deutlich erkennbar. Dabei ist zu beachten, daß die Altbestände meist im Mangelbereich liegen während die jüngeren im allg. ausreichend oder sogar optimal versorgt sind.

(> 180) wird erwartungsgemäß (Kern-Lanz-Moll 1970, Kern-Moll 1970 u. 1971) nirgends erreicht (vgl. Abb. 3 unten).

- Die K-Konzentration ist im allgemeinen in den jüngeren Beständen höher als in den älteren.
  K-Mangel konnte nur im Altholz der VR 3 festgestellt werden; die Jungbestände liegen i. d. R. im Optimalbereich, d. h. > 550 (vgl. Abb. 3 oben).
- Die Ca-, Mn- und Fe-Gehalte liegen bei den VRn 1 und 2 in den älteren Beständen im allgemeinen höher als in den jüngeren. In VR 3 ist die Tendenz uneinheitlich.
  Mit Ausnahme dieser VR 3, bei der Ca nur knapp oberhalb der Mangelgrenze liegt, befinden sich die Elemente Ca und Mn in allen untersuchten Beständen im Optimum. Die Fe-Versorgung ist auf allen Flächen ausreichend.
- Bei Mg ist die Änderungstendenz mit zunehmendem Bestandesalter uneinheitlich.
  Mit Ausnahme der 16jährigen Dickung in VR 2 befindet sich Mg überall im Mangelbereich.
- Auch bei dem Spurenelement B ist die Änderung mit zunehmendem Alter unterschiedlich.
  Die Konzentrationshöhe ist in den VRn 1 und 2 optimal, in VR 3 offensichtlich mangelhaft.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Jungbestände mit den Hauptnährelementen N, P und K besser versorgt sind als die Althölzer.

Wie aus unseren früheren Untersuchungen (Kern-Lanz-Moll 1970; Kern-Moll 1970) hervorgeht, muß dies aber nicht zwangsläufig so sein.

So fanden sich am Waldort II 3c Am Gefleckten in unmittelbar benachbarten Kiefern-Jung- und Altbeständen im Herbst 1968 folgende N-, P- und K-Konzentrationen in den Nadeln:

| | 6jähr. Kiefern-Kultur (II 3c[1]) | | | 130jähr. Kiefern-Altholz (II 3c[2]) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N % | P % | K % | N % | P % | K % |
| unbehandelt | 1,66 | 0,11 | 0,60 | 1,46 | 0,10 | 0,52 |
| NP(K)-gedüngt | 1,73 | 0,15 | 0,65 | 2,03 | 0,17 | 0,62 |

Tabelle 3
**Die Ergebnisse der Bodenanalysen 1970 (Tiefenstufe 0 - 20 cm)**

| VR | Waldort | Alter | pH (KCl) | Biolog. Aktivität*) | $C_t$ | $N_t$ | C/N | 1 % Zitronensäure | | | | 3 % HCl | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | P | K | Mg | Ca | P | K | Mg | Ca | Mn | Fe | $Fe_o$ |
| | | Jahre | | | t/ha | t/ha | | kg pro ha | | | | | | | | | | |
| | I 7a² | 122 | 3,2 | 0,92 | 220 | 7,7 | 28 | 64 | 192 | 90 | 768 | 191 | 449 | 100 | 1273 | 178 | 1584 | 1119 |
| 1 | I 7a¹ | 15 | 3,1 | 2,40 | 70 | 2,4 | 29 | 52 | 49 | 57 | 225 | 112 | 256 | 49 | 361 | 80 | 1603 | 1027 |
| | I 7a¹ | 11 | 3,2 | 2,27 | 58 | 2,1 | 28 | 52 | 65 | 70 | 313 | 97 | 279 | 33 | 451 | 44 | 398 | 338 |
| | I 7b | 119 | 3,0 | 0,49 | 299 | 8,4 | 36 | 67 | 44 | 142 | 833 | 82 | 409 | 164 | 1407 | 143 | 1206 | 953 |
| 2 | I 6b | 31 | 2,9 | 1,18 | 114 | 3,9 | 29 | 46 | 69 | 105 | 283 | 81 | 242 | 60 | 685 | 34 | 698 | 419 |
| | I 6b | 16 | 3,0 | 2,72 | 78 | 2,6 | 30 | 30 | 47 | 63 | 236 | 63 | 177 | 53 | 556 | 25 | 480 | 242 |
| | II 3b² | 129 | 3,5 | 1,20 | 118 | 4,7 | 25 | 64 | 141 | 62 | 147 | 198 | 488 | 128 | 366 | 45 | 7334 | 3857 |
| 3 | II 8a² | 90 | 2,9 | 2,25 | 79 | 3,1 | 25 | 36 | 79 | 37 | 86 | 92 | 232 | 50 | 99 | 25 | 895 | 487 |
| | II 3b¹ | 19 | 3,2 | 2,35 | 110 | 3,3 | 33 | 75 | 54 | 43 | 89 | 176 | 307 | 71 | 330 | 39 | 7482 | 3905 |

*) Nach Hoffmann und Pallauf (1965)

Gut ernährte Altbestände können also auch auf diesen Standorten hohe N-, P- und K-Spiegelwerte aufweisen. Wir müssen demnach aus unseren Ergebnissen folgern, daß im gegenwärtigen Zeitpunkt die Ernährungsmöglichkeiten der Althölzer deutlich ungünstiger sind als die der jüngeren Bestände.

### 4.3. *Bodenanalysen*

Die in Tab. 3 aufgeführten Analysenergebnisse beziehen sich auf den am intensivsten durchwurzelten Bodenraum mit einer Tiefe von 0 - 20 cm und sind als Mittelwerte für diesen Horizont angegeben. Die mit den oben angeführten Methoden ermittelten Nährstoffgehalte der Gesamtböden werden dabei zu mehr als 85 % erfaßt.

**Im einzelnen läßt sich aus Tab. 3 ablesen:**

Die pH-Werte in 0 - 20 cm Bodentiefe liegen zwischen 2,9 und 3,5 (KCl) ohne erkennbare Änderungstendenz in den verschieden alten Beständen (sie steigen mit zunehmender Bodentiefe bis auf pH 4,4 an).

Der Humusgehalt der Böden (als $C_t$ angegeben) ist in VR 2 am höchsten und nimmt über VR 1 zu VR 3 deutlich ab. Dies dürfte einmal auf die unterschiedliche Streunutzung, zum zweiten — was den Vergleich der VRn 1 und 2 einerseits mit VR 3 andererseits betrifft — auf die verschiedenen ökologischen Verhältnisse zurückzuführen sein. Die VRn 1 und 2 stocken ja bekanntlich auf SW-exponierten Standorten, die VR 3 in W-Lage mit etwas ausgeglichenerer Durchfeuchtung und biologischer Aktivität.

Innerhalb der einzelnen Vergleichsreihen ist der C-Gehalt in den Altbeständen am höchsten und in den Jungbeständen am geringsten, was auf den intensiven Humusabbau während und nach der mechanischen Bodenbearbeitung zurückzuführen ist (vgl. auch Abb. 4).

Eine Ausnahme bildet der Boden unter dem Baumholz in VR 3, das infolge seiner relativ leichten Zugänglichkeit mit großer Wahrscheinlichkeit am längsten streugenutzt worden ist.

*Der starke Humusabbau unter den Jungbeständen ist eine Hauptursache für die im folgenden zu erläuternden Unterschiede im Nährstoffhaushalt der Böden unter den verschieden alten Beständen.*

Gleichzeitig mit dem Humusabbau läßt sich ein starker Rückgang im N-Gehalt von den Alt- zu den Jungbeständen feststellen, der — wie Abb. 4 zeigt — mit dem Humusabbau nahezu parallel geht. In den VRn 1 und 2 liegen die in den Böden der Dickungen ermittelten N-Werte ca. 70 % niedriger als in den vergleichbaren Althölzern.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, haben sich durch Kahlschlag, Bodenbearbeitung und die dadurch bedingten Folgeprozesse auch die übrigen untersuchten Elemente in den Jungbeständen vermindert, wobei jedoch vielfach eine Verengung des Verhältnisses C/anorganischem Nährstoff eingetreten ist.

Dadurch scheinen sich die Ernährungsbedingungen für die jungen Kiefern — trotz erheblicher Verluste durch Mineralisierung, Auswaschung, Bildung nicht pflanzenverfügbarer Verbindungen o. ä. — merklich verbessert zu haben. Sowohl die Zuwachsdaten als auch die nadelanalytischen Ergebnisse deuten in diese Richtung. Die höheren Bodennährstoffvorräte der Altbestände sind in der vorliegenden Form offensichtlich zu einem erheblichen Teil nicht pflanzenverfügbar.

Erst die nach der Bodenbearbeitung eingetretene — u. a. durch Saccharase-Test festgestellte — erhöhte biologische Aktivität (s. Abb. 4) läßt hier eine Änderung eintreten und in Verbindung mit dem Fortfall der Streunutzung für die Zukunft eine langsam

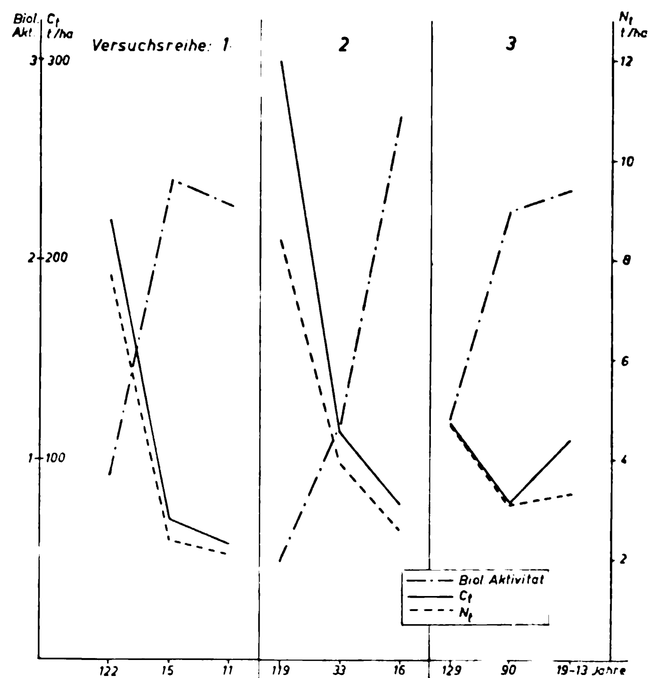



Abb. 4
*Biologische Aktivität (nach Hoffmann und Pallauf 1965) $C_t$ und $N_t$ in t/ha 0 - 20 cm Bodentiefe der Vergleichsreihen 1 - 3.*
Durch die mechanische Bodenbearbeitung und Freilage ist in den jüngsten Beständen ein starker Humusabbau bei gleichzeitig starkem Verlust an Nährelementen eingetreten ($C_t$ und $N_t$); umgekehrt hat sich die biologische Aktivität erhöht, was eine Verbesserung der Ernährungsbedingungen zur Folge hat (zur Ausnahme in VR 3 vgl. Text).

Tabelle 4
**Die vorläufigen Ergebnisse der Absaaten (Stand Herbst 1970)**

| Herkunft | Mittelhöhe des Gesamtkollektivs cm | | Mittelhöhe der 10 höchsten Kiefern cm | | Statistische Sicherheit *) der Höhendifferenzen gegenüber den Altholzherkünften der VRn 1 - 3 | Ausfall % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 121 j. Altholz VR 1 (I 7a²) | 75 | (± 2,5) | 94 | (± 0,9) | — | 21 |
| 119 j. Altholz VR 2 (I 7b) | 76 | (± 2,8) | 93 | (± 1,4) | — | 18 |
| 129 j. Altholz VR 3 (II 3b²) | 75 | (± 2,7) | 89 | (± 1,2) | — | 23 |
| XI 12 Rhein-Main | 72 | (± 3,8) | 93 | (± 1,9) | — | 42 |
| XI 16 N-Schwarzwald | 55 | (± 3,2) | 70 | (± 2,2) | +++ | 52 |
| XI 17 S-Schwarzwald | 56 | (± 3,1) | 67 | (± 2,3) | +++ | 60 |
| XI 22 Schwäb. Alb (Justingen) | 68 | (± 3,9) | 83 | (± 1,8) | — | 46 |
| Tschechoslowakei (Wittingen) | 86 | (± 1,8) | 102 | (± 0,9) | ++ | 10 |
| Ungarn (Orseg) | 73 | (± 3,0) | 88 | (± 2,5) | — | 44 |
| Frankreich (La Chaise Dien 950 - 1050 m) | 45 | (± 2,7) | 61 | (± 2,0) | +++ | 42 |
| Frankreich (Puy 700 - 850 m) | 40 | (± 2,0) | 54 | (± 1,5) | +++ | 35 |

*) — ungesichert
++ gesichert auf dem 0,01-Niveau
+++ gesichert auf dem 0,001-Niveau

voranschreitende natürliche Regeneration der Böden erwarten. (Die ausführliche Darstellung der bodenkundlich-ökologischen Untersuchungsergebnisse soll einer weiteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben.)

### 4.4. *Absaaten*

Die vorläufigen, hier interessierenden Ergebnisse der Absaaten finden sich — mit Stand vom Herbst 1970, d. h. einem Pflanzenalter von 4 Jahren — in Tab. 4.

Danach zeigt sich deutlich, daß die Altholzherkünfte der VRn 1 - 3 zumindest hinsichtlich des Jugendwachstums weit besser sind, als es nach den vorgefundenen kümmerlichen Wuchsleistungen zu erwarten war. Sie erwiesen sich bisher in der Höhenwuchsleistung den zum Vergleich herangezogenen deutschen Herkünften XI/12 Rhein-Main und XI/22 Schwäb. Alb als ebenbürtig, den Kiefern aus dem Gebiet XI/16 Nordschwarzwald und XI/17 Südschwarzwald sogar — statistisch gesichert — überlegen.

Von den ausgesäten ausländischen Provenienzen zeigten sich die Wittinger Kiefern (CSR) höhenzuwachsmäßig als einzige den Edenkobener Herkünften überlegen, die ungarischen (Orseg) etwa gleichwertig, die französischen hingegen eindeutig unterlegen.

Nach SCHOTT (1907) treten die Rassenunterschiede bei Kiefern im Alter 4 schon deutlich zutage. So fand er beispielsweise als durchschnittliche oberirdische Höhe in cm:

| | Pfälzer Kiefer | südfranz. Kiefer |
|---|---|---|
| im Revier Scheibenhardt (Rheinebene) | 69 | 35 |
| im Revier Trippstadt (Pfälzer Wald) | 55 | 30; |

d. h. die südfranzösischen Herkünfte leisteten demnach nur 51 - 55 % des Höhenwuchses der Pfälzer Kiefer. Bei unseren Absaaten findet sich eine ähnliche Relation zwischen den französischen und Edenkobener Herkünften (57 %); bei der erstaunlichen Homogenität des hiesigen Saatgutes erscheint es durchaus möglich, daß wir hier eine echte bzw. seit langem eingebürgerte pfälzische Provenienz vor uns haben.

Hinsichtlich der Ausfallquote vom Frühjahr 1968 bis Herbst 1970 schneidet — von allen Vergleichsherkünften, ähnlich wie beim Höhenzuwachs — lediglich die CSR-Kiefer besser ab als die aus Edenkobener Saatgut gewonnenen Pflanzen. In allen anderen Fällen liegt das Ausfallprozent deutlich höher.

*Wir dürfen also auf Grund der bisher vorliegenden Absaatergebnisse feststellen, daß das Krüppelwachstum unserer Altbestände — zumindest in früher Jugend — nicht genetisch bedingt war.*

Die zusätzlich durchgeführten, hier nicht näher behandelten Absaaten aus 3 weiteren Kiefern-Krüppelaltbeständen des Haardtrandes (I 6a², II 3a², II 8b² im Stadtwald Edenkoben) deuten mit Höhenwuchsleistung zwischen 95 und 112 % der Rhein-Main-Kiefer in ähnliche Richtung.

## 5. **Folgerungen**

Auf Grund der bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse sind wir nun in der Lage, die zu Beginn aufgeworfenen Fragen zu beantworten.

Danach muß schlechtrassiges Saatgut als Ursache für den Krüppelwuchs der Altbestände mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausscheiden. Auch die unterschiedliche Bestandsbegründung von Jung- und Althölzern — Pflanzung einerseits, Saat andererseits — kann keine solchen Unterschiede im Wachstumsrhythmus hervorrufen, wie sie hier innerhalb der Vergleichsreihen zu beobachten sind. Wir finden vielmehr für unser Gebiet bestätigt, was WIEDEMANN (1947) als Resultat umfangreicher Untersuchungen in anderen Kieferngebieten folgendermaßen formulierte: „Manche menschlichen Einwirkungen auf den Boden können die natürlichen Beziehungen zwischen Boden und Kiefernwachstum in erschreckendem Maße verändern. Dies ist vor allem für übermäßig langdauernde Streunutzung und ebenso für lange Freilage als Ödland einwandfrei nachgewiesen worden . . . . . Wenn die Schädigungen aufhören, ist die Erholung auf den einzelnen Standorten recht verschieden rasch, sie braucht aber meist viele Jahrzehnte, oft mehr als einen Umtrieb."

Die natürliche Regeneration der geschädigten Böden hängt im wesentlichen davon ab, daß es — nach Einstellung der Streunutzung gelingt, das Bodenleben nachhaltig zu reaktivieren. Ein Weg dazu ist offensichtlich die nach Kahlschlag im Zusammenhang mit der Neukultur durchgeführte Bodenbearbeitung. Sie führt einerseits — wie Zuwachsleistung und Nadelspiegelwerte zeigen — zu einer Verbesserung der Ernährungsverhältnisse; andererseits lassen aber die Bodenuntersuchungen klar erkennen, daß hierbei enorme Nährstoffverluste eintreten können, die zumindest die der Kiefer i. d. R. beigemischte anspruchsvollere Buche entscheidend treffen.

Wir meinen daher mit WITTICH (1952) und ULRICH (1968), daß das im Rohhumus angesammelte Nährstoffkapital bei diesem her-

kömmlichen Vorgehen nicht optimal ausgenutzt wird und möchten — wie bei KERN-LANZ-MOLL (1970) näher beschrieben — einer durch gezielte Düngung bereits im Altbestand einsetzenden Aktivierung des Rohhumus den Vorzug geben. Die natürliche Sanierung der Böden kann dadurch erheblich beschleunigt und der empfindliche Nährstoffverlust weitgehend vermieden werden.

Auf diesem Wege sollte es möglich sein, in überschaubaren Zeiträumen unser z. Z. von mäßig wüchsigen Kiefern geprägtes Waldbild durch die früher hier heimischen Laubhölzer und ertragreiche Gastbaumarten nachhaltig zu bereichern.

## 6. Zusammenfassung

Am Ostrand des Pfälzer Waldes treten auf früher stark streugenutzten Hauptbuntsandsteinböden krüppelhaft anmutende, sehr wahrscheinlich durch Saat entstandene Kiefern-Altbestände (Abb. 1) und offensichtlich wesentlich besser wüchsige, aus Pflanzung hervorgegangene Kiefern-Jungbestände unmittelbar nebeneinander auf.

In der vorliegenden Arbeit versuchten wir zu klären, ob das deutlich schlechtere Wachstum der Althölzer auf ungünstige standörtliche Ausgangslage, schlechtrassiges Saatgut oder die Art der Bestandsbegründung zurückzuführen ist. Dazu wurden 3 Vergleichsreihen aus verschiedenaltrigen benachbarten Kiefernbeständen zusammengestellt (Kap. 2), pro Bestand 3 vorherrschende bis herrschende Bäume gefällt und an ihnen das Höhen- und Stärkenwachstum überprüft sowie Nadelproben entnommen. Die aus dem Saatgut der Altbestände gewonnenen Jungpflanzen ließen wir zusammen mit Pflanzen einiger bekannter Herkünfte verschulen, um so eine Vorstellung über die Jungwüchsigkeit der verschiedenen Provenienzen zu gewinnen. Außerdem wurden in jedem Bestand intensive Bodenuntersuchungen durchgeführt sowie anhand von Literaturangaben überprüft, wie groß die Wuchsunterschiede zwischen Saat- und Pflanzbeständen bei Kiefern sein können.

Die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse führen zu folgenden Schlüssen:

- Schlechtrassiges Saatgut scheidet als Ursache für das geringe Jugendwachstum der untersuchten Krüppelbestände aus (Tab. 4).
- Die unterschiedliche Bestandsbegründung kann in der Jugendphase zwar gleichgerichtete, jedoch nicht so gravierende Unterschiede im Wachstumsrhythmus hervorrufen, wie sie innerhalb unserer Vergleichsreihen zu beobachten sind (Abb. 2, Tab. 1). Diese Unterschiede gleichen sich aber erfahrungsgemäß bis ins Baumholzalter weitgehend aus.
- Die Zuwachsleistungen und die in Tab. 2 und Abb. 3 festgehaltenen Nadelspiegelwerte weisen darauf hin, daß sich die Ernährungsbedingungen der Jungbestände nach Einstellung der Streunutzung und durch die Bodenbearbeitung für die Neukultur gegenüber den Althölzern deutlich verbessert haben, d. h. eine natürliche, wenn auch langsame Regeneration der geschädigten Böden eingetreten ist.
- Die nach Kahlschlag im Rahmen der Neukultur durchgeführte Bodenbearbeitung bewirkt aber z. T. erhebliche Nährstoffverluste (Tab. 3, Abb. 4), die sich u. E. durch eine im Altbestand primär im Hinblick auf die Rohhumusaktivierung durchgeführte gezielte Düngung weitgehend vermeiden lassen (KERN-LANZ-MOLL 1970). Die Sanierung der geschädigten Böden kann auf diesem Wege wahrscheinlich erheblich beschleunigt werden, wodurch die Wiedereinbringung früher hier heimischer Laubhölzer sowie der Anbau ertragreicher Gastbaumarten in überschaubaren Zeiträumen möglich erscheinen.


### Summary

Title of the paper: *Yield, soils and genetics research in stunted old pine stands and neighbouring young pine in the Haardt forest.*

Stunted old pine stands, probably established by sowing, are next to obviously vigorous planted pine stands of younger age on litter-raked mid-variegated sandstone sites in Palatinate. Progeny tests, stem analyses, soil and needle investigations and comparison between sowing and planting gave the following results: provenance is not determining factor (tab. 4), stand establishment produces differences in the same direction, but of much lesser magnitude (fig. 2, tab. 1), needle analyses (tab. 2, fig. 3) indicate improved nutrition after abolishment of litter raking and as a result of soil preparation before planting.

Soil working after clear felling has in some cases caused considerable nutrient losses (tab. 3, fig. 4). This may be avoided by fertilizing the previous stand in order to activate more decomposition. Melioration of degraded soils may possibly be considerably accelerated in this way. E. F. B.



### Résumé

Titre de l'article: *Recherches pédologiques, génétiques et de production sur des peuplements malvenants de pin âgés et sur des plantations voisins de pins sylvestres, à la limite du Haardt.*

A la bordure Est de la forêt du Palatinat, on trouve, sur les sols du «Hauptbuntsandstein» où les litières étaient autrefois récoltées, d'une part des peuplements âgés de pins sylvestres paraissant mal venants et probablement installés par semis, et d'autre part des jeunes plantations de pins sylvestres, absolument contingues, qui ont visiblement une meilleure croissance.

Dans ce travail, on a recherché, sur trois dispositifs expérimentaux si la mauvaise croissance des peuplements âgés était due soit aux mauvaises conditions de station, soit à des graines de mauvaises races, soit enfin au mode d'installation du peuplement, semis ou plantation.

Les résultats des études sur les graines, les analyses de tiges, de sols et d'aiguilles ont conduit aux conclusions suivantes =

la mauvaise provenance des graines doit être éliminée en tant que cause de la faible croissance juvénile des peuplements en cause (tab. 4). Le mode d'installation du peuplement a une certaine influence sur cette croissance juvénile mais ne saurait expliquer seul les différences profondes observées dans les parcelles expérimentales (fig. 2 — tab. 1). La croissance et les résultats des analyses foliaires, retracés dans le tableau 2 et la figure 3, ont montré clairement, qu'en comparaison des peuplements anciens, les conditions nutritionnelles des jeunes plantations avaient été nettement améliorées par la cessation des récoltes de litières et par le travail du sol effectué avant la plantation.

Le travail du sol effectué après coupe à blanc en vue de la régénération artificielle entraine cependant une certaine perte d'éléments nutritifs (tab. 3 — fig. 4) qui peut être évitée selon les auteurs, en apportant dans l'ancien peuplement une fumure destinée à l'activation de l'humus brut. L'amélioration des sols dégradés paraît pouvoir être nettement accélérée par cette méthode. J. M.


## 7. Literatur


ANTES, K., 1933: Die pfälzischen Haingeraiden, Kaiserslautern. — ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde, München. — FINCK, A., 1963: Pflanzenernährung in Stichworten, Kiel. — HOFFMANN, Gg. und PALLAUF, J., 1965: Eine kalometrische Methode zur Bestimmung der Saccharase-Aktivität von Böden. Z. Pflanzenern. Düng. Bdkde. 110, 193-201. — KEIPER, J., 1930: Pfälzische Forst- und Jagdgeschichte, Speyer. — KERN, K. G., LANZ, W., MOLL, W., 1970: Versuch einer integrierten Kulturbegründung, AFZ H. 27, 28. — KERN, K. G., MOLL, W., 1970: Vorläufige Ergebnisse von 2 Düngungsversuchen in Kiefern-Buchen-Kulturen auf streugenutzten Buntsandsteinböden des Pfälzer Waldes. AFJZ, H 11, 12. — Dies., 1971: Zur Düngung von Kiefern-Buchen-Kulturen. AFJZ, im Druck. — MENGEL, K., 1968: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze, Stuttgart. — PEACH, K. und TRACEY, M. V., 1956: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse Bd. 1, Berlin. — SCHLICH-

TING, E. und BLUME, H. P., 1966: Bodenkundliches Praktikum, Hamburg. — SCHOTT, P., 1904: Pinus sylvestris L., Die gemeine Kiefer FWCBl. H. 3, 6, 8, 9, 10, 11. — Ders., 1907: Rassen der gemeinen Kiefer. FWCBl. H. 4, 5. — SCHWERTMANN, U., 1964: Differenzierung der Eisenoxyde des Bodens durch photochemische Extraktion mit saurer Ammoniumoxalat-Lösung. Z. Pflanzenern. Düng. Bdkde, 105, 194-202. — ULRICH, B., 1968: Bodenbearbeitung und Düngung unter dem Gesichtspunkt der Waldernährung. AFZ, S. 547-551. — WELL, G. M., APPLETON, E. J., SLOW, L. J., STONE, E. L.: Boron deficiency. The cause of dieback in Pines in the Nelson district. Research Leo Flet. New Zealand Forest Service No. 1, Sept. 1963. — WIEDEMANN, E., 1948: Die Kiefer, Hannover. — WITTICH, W., 1952: Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Wald. Schriftenreihe der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen Nr. 4. — X. Forstlich-charakteristische Skizze der Waldungen auf dem bunten Sandsteingebirge der Pfalz, welche hier unter dem Namen „Pfälzerwald" bezeichnet werden und Hauptwirtschaftsregeln für dieselben. Speyer 1845. — X. Forsteinrichtungswerke des Edenkobener Stadtwaldes ab 1852.

# Der Jahresgang des $CO_2$-Gaswechsels von einjährigen Douglasientrieben in einem 20jährigen Bestand

Herrn Professor Dr. G. MITSCHERLICH zum 60. Geburtstag von allen Mitarbeitern des Instituts gewidmet

(Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen)

Von E. KÜNSTLE

## 1. Einleitung

Im Institut für Forstliche Ertragskunde der Universität Freiburg i. Br. wurden im Jahre 1970 die 1969 begonnenen Untersuchungen über $CO_2$-Gaswechsel und Transpiration von verschiedenen Holzarten als Beitrag zur Grundlagenforschung über die Wechselwirkungen zwischen Waldwachstum und Umwelt systematisch und erweitert fortgesetzt. Von den in unserer letzten Arbeit (KÜNSTLE und MITSCHERLICH 1970) erwähnten Vorhaben wurde im Jahre 1970 der Jahresgang der Stoffbildung und des Wasserverbrauchs von verschieden alten Douglasientrieben untersucht.

Über den $CO_2$-Gaswechsel von einjährigen Douglasientrieben — vom Knospenstadium über die verschiedenen Entwicklungsphasen — im oberen Kronenbereich, wo der größte Teil des Stoffumsatzes stattfindet, liegen die ersten Ergebnisse vor. Einige grundlegende Aspekte sollen hier besprochen werden. Eine Gesamtschau und eingehende Würdigung wird erst nach Auswertung auch der älteren Nadeljahrgänge erfolgen.

Die Untersuchungen wurden am Westabfall des Schwarzwaldes in der Nähe von Freiburg i. Br. in 600 m SH in einem 13 - 16 m hohen, 20jährigen Bestand durchgeführt, der schon mehrfach beschrieben wurde (KÜNSTLE, MITSCHERLICH 1970; MITSCHERLICH et al. 1967; MITSCHERLICH et al. 1965/66).

## 2. Methode

Als Meßgeräte standen ein URAS der Firma HARTMANN und BRAUN und 4 Gaswechselmeßanlagen, wie sie von Herrn Dozent Dr. KOCH, München, und dem Forschungslabor der Firma SIEMENS, Erlangen, entwickelt wurden, zur Verfügung. Eine ausführliche Beschreibung der Meßmethodik der SIEMENS-Gaswechselmeßanlage ist u. a. bei KOCH, KLEIN, WALZ 1968; LANGE, KOCH, SCHULZE 1969; SCHULZE 1970; KÜNSTLE, MITSCHERLICH 1970 zu finden.

Eine Digitalanlage stand im Jahre 1970 noch nicht zur Verfügung. Auf Grund der Erfahrungen von 1969 schien es uns aus personellen und technischen Gründen unmöglich, eine Registrierung über das ganze Jahr lückenlos durchzuführen und auszuwerten. Wir entschlossen uns deshalb zu dem Kompromiß, nur jeweils bis zu 20 Tagen pro Monat zu registrieren, in die Auswertung aber nur die einwandfrei erfaßten Tagesgänge und eine gezielte Auswahl von 9 - 14 Tage einzubeziehen. Der Zeitraum besonderer Entwicklungsphasen, wie das Aufbrechen der Knospen wurde dagegen intensiver erfaßt, wobei alle 2 - 3 Tage das Untersuchungsmaterial ausgewechselt wurde. Daneben wurden noch eine Reihe von Sonderuntersuchungen wie z. B. Zweigatmung, Dunkelversuche und Konstanttemperaturserien durchgeführt.

## 3. Auswertung

Die Registrierung des $CO_2$-Gaswechsels erfolgte in einem 6-Minuten-Turnus je Meßstelle. Jeweils 5 Meßpunkte wurden zu einem Halb-Stunden-Mittel zusammengefaßt. Als Bezugsbasis wurden Trockengewicht und Oberfläche bestimmt. Die Ergebnisse in dieser Arbeit beziehen sich nur auf das Trockengewicht. Die ökologischen Vergleichswerte: Lufttemperatur, relative Luftfeuchte (über Taupunkttemperaturdifferenz) und die Raumbeleuchtungsstärke wurden auf Kompensographen mit einer Punktfolge von 4 Sekunden und einem Vorschub von 120 mm/Stunde registriert. Die Halb-Stunden-Mittelwertbildung erfolgte auf Grund von Ablesungen in 5-Minuten-Abständen. Außerdem wurden aus ihnen Tagessummen (von 0 - 24 Uhr) gebildet. Die Zirkumglobal-Strahlung wurde als Tagessumme mit einem Bellani-Kugelpyranometer auf einer ca. 50 m tiefer gelegenen Freifläche erfaßt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. *Der Jahresgang*

In Abb. 1 wurde der Jahresgang des $CO_2$-Gaswechsels vom Knospenstadium über die verschiedenen Entwicklungsphasen dargestellt. Die Tagessummenwerte der einzelnen Meßserien wurden zu Halbmonatsmitteln zusammengefaßt und über der Mitte dieser Periode aufgetragen. In der gleichen Weise wurde mit der Zirkumglobal-Strahlung verfahren und in Abb. 1 wiedergegeben.

Der Meßzeitraum erstreckte sich vom April 1970, wo sich die Knospen infolge des kalten Frühjahrs noch im Zustand der Winterruhe befanden, bis in den Dezember 1970.

An den ersten Meßtagen herrschten Schnee- und Graupelschauer mit Temperaturen um 0° C, so daß die Knospen nur ganz schwach atmeten. Gegen Ende der ersten und vor allem in der 3. Maidekade brachte eine Schönwetterperiode hohe Temperaturen. Darauf reagierten die Knospen zunächst ohne äußerliche Veränderungen, jedoch mit stark erhöhter Atmungstätigkeit. Bei dem zweiten Wärmeschub quollen die Knospen immer mehr. Am 23. 5. waren die Knospenschuppen hellbraun und hellgrüne Nadeln schimmerten immer mehr durch. Am 25. 5. öffneten sich die Knospenschuppen und wurden in den folgenden Tagen von den neuen Nadeln immer mehr nach oben zur Spitze hin abgeschoben. Am 29. 5. waren ca. 2 cm lange junge, hellgrüne Nadelbüschel entfaltet, die zunächst noch mehr atmeten als assimilierten. Die Umstellung von der Knospenatmung auf die Netto-Assimilation nahm damit gegenüber der phaenologischen Entwicklung einen verzögerten Verlauf. Am 29. 5. wurde über Mittag von 11.30 - 12.30 Uhr die erste Netto-Photosynthese registriert. In der Tagesbilanz wurde erst am 4. 6. die Atmung von der Nettoassimilation übertroffen.

Der Juni 1970 begann mit kühlen Witterungsbedingungen, die die stürmische Entwicklung der Nadeln etwas abbremste. Die zweite Juni- und die erste Juli-Hälfte brachten viele warme und schwüle Tage und ein rapides Ansteigen des Assimilationsniveaus. In den restlichen Julitagen war das Wetter zwar trockener (z. T. sehr geringe Luftfeuchte) aber wechselhaft. Die durchschnittliche Strahlung sank ab und die neugebildeten Douglasiennadeln erreichten damit ihre maximale Nettoassimilationsleistung.

Während bis zu diesem Zeitpunkt die Korrelation zwischen Strahlung und Gaswechsel nur schwach war und der endonome Rhythmus anscheinend die Witterungsverhältnisse überlagerte, war der weitere Jahresablauf ein getreues Abbild der Strahlungsverhältnisse. In Tab. 1 sind die Korrelationen zwischen $CO_2$-Gaswechsel und Strahlung zusammengestellt.

Tab. 1
**Bestimmtheitsmaß für verschiedene Ausgleichsfunktionen zwischen $CO_2$-Gaswechsel und Zirkumglobalstrahlung**

| Funktion: | Linear | Quadratisch | Kubisch | Biquadratisch |
|---|---|---|---|---|
| April/Mai (Knospe) | 0,37 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| Juni | 0,25 | 0,39 | 0,41 | 0,42 |
| Juli | 0,47 | 0,55 | 0,75 | 0,76 |
| August | 0,89 | 0,97 | 0,97 | 0,97 |
| September | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,99 |
| Oktober | 0,69 | 0,80 | 0,92 | 0,94 |
| November/Dezember | 0,72 | 0,77 | 0,84 | 0,84 |

Der Rückgang der Bestimmtheit der Ausgleichsfunktionen im November/Dezember ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß unsere Versuchsstation fast immer über dem spätherbstlichen „Nebelmeer" lag, während die ca. 50 m tiefer liegende Meßstation für die Zirkumglobalstrahlung an einigen Tagen vom oberen Rand der Nebelbildung noch beeinflußt wurde.

Der August war im Jahre 1970 warm, verbreitet trocken, aber auch wolkenreich und arm an Sonnenschein. Die durchschnittliche Zirkumglobalstrahlung nahm gegenüber Juli ab und mit ihr auch das Assimilationsniveau. Auf dieses Absinken der Assimilationstätigkeit im August soll später nochmals eingegangen werden.

Der zweite, sehr sonnige und trockene Witterungsabschnitt des Septembers bewirkte einen zweiten Gipfel der Netto-Tagesassimilation im Jahre 1970.

Die starke Abnahme zu Beginn des Monats Oktober ist außer der Verkürzung der Tageslängen auf den ersten Wintereinbruch zurückzuführen. Die Temperaturen sanken auf fast 0° C ab und die Niederschläge fielen z. T. als Schnee.

Ab Mitte Oktober bis weit in den Dezember hinein herrschte dann wieder eine für diese Jahreszeit überdurchschnittliche warme Witterung. Sie wurde gelegentlich von einigen kälteren Perioden mit Niederschlägen unterbrochen. Während sich in den Tallagen oft Nebel ausbildete und die Temperaturen dort bis auf 0° C absanken, herrschten in den höheren Lagen unserer Versuchsstation über dem „Nebelmeer" oft fast hochsommerliche Temperaturen um 20° C. Das Nettoassimilationsniveau hielt sich deshalb bis zum Dezember noch auf beachtlicher Höhe.

In Abb. 1 wurde versuchsweise als dritte, schwach ausgezogene Kurve eine mathematische Ausgleichsfunktion für den Jahresgang des $CO_2$-Gaswechsels eingezeichnet. Als Parameter wurden der Tag (x) und die Tagessumme des $CO_2$-Gaswechsels (y) eingegeben. Der Ausgleich wird durch eine Funktion 3. Ordnung angestrebt mit der Formel:

$$y = -575{,}3408 + 7{,}9828\,x - 0{,}027697\,x^2 + 0{,}00002964\,x^3$$

Die Computerberechnungen wurden von Herrn Dr. Ko, Abt. Biometrie, durchgeführt, dem an dieser Stelle herzlichst gedankt sei.

Die Ausgleichsfunktion — mit einer Bestimmtheit von 0,76 — erfaßt zwar gut den durchschnittlichen Jahresgang. Eine Reihe wichtiger individueller Besonderheiten kommen aber nicht zum Ausdruck. So ist z. B. die Ausgleichsfunktion schlecht der Knospenatmung angepaßt, der Kompensationspunkt liegt ca. 6 Tage zu früh, das Maximum der Nettoassimilation wird vom Juli auf Anfang August verlegt und die Gipfel im Juli und September und die Depressionen im August und Oktober werden nicht beschrieben.

Es ist geplant, weitere mathematische Funktionen zu erproben, um eine bessere Anpassung an die natürlichen Verhältnisse zu erreichen.

### 4.2. *Der Einfluß von Klimafaktoren auf den $CO_2$-Gaswechsel in den verschiedenen Entwicklungsphasen des Assimilationsapparates.*

An Hand von einigen ausgewählten Beispielen soll versucht werden, die Reaktion des $CO_2$-Gaswechsels auf die Umweltfaktoren in den einzelnen Entwicklungsstadien darzustellen.

#### 4.2.1. *Die Knospenatmung*

Während im Winter — wenn überhaupt möglich — und im kalten Frühjahr die Atmung nur sehr schwach ausgeprägt ist, findet an warmen April- und Maitagen bereits eine deutliche Tag/Nachtdifferenzierung der Knospenatmung statt. Wie Abb. 2 zeigt, atmen die Knospen am Tage bei 10 °C um ca. 20 %, bei 15 °C sogar um über 40 % weniger als in der Nacht, d. h. daß die Douglasienknospen im Übergangsstadium von der Winter-

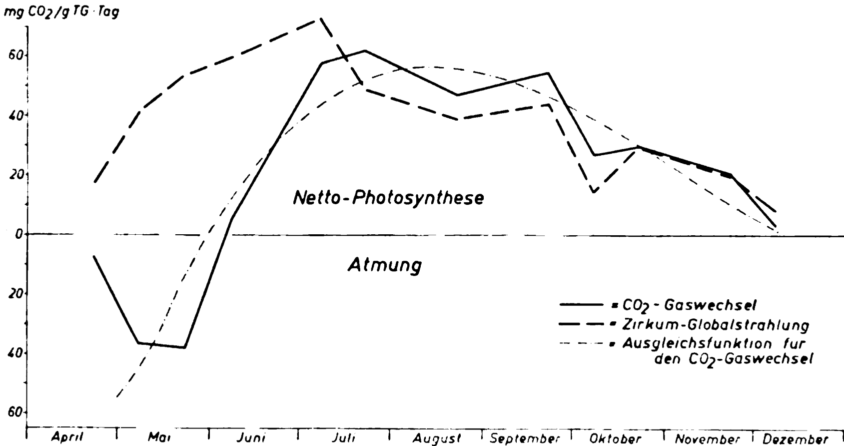



Abb. 1
Der Jahresgang des $CO_2$-Gaswechsels von einjährigen Douglasientrieben.

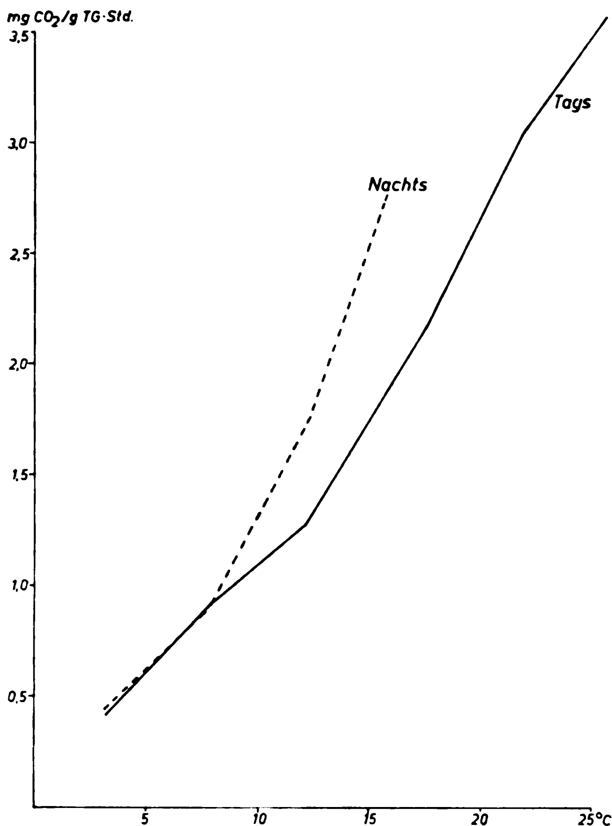



Abb. 2
Die Atmung der Douglasienknospen im Frühjahr.

ruhe bis zum Aufbrechen also bereits die Fähigkeit besitzen müssen, $CO_2$ zu assimilieren, wie es auch von Schulze (1970) bei Buchenknospen im Solling beobachtet werden konnte.

### 4.2.2. *Die Nachtatmung von Knospen und Nadeln*

In Abb. 3 wurde die Nachtatmung von Knospen und Nadeln in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt. Die starke Atmungstätigkeit der Knospen ist seit langem bekannt. Sie beträgt bei unseren Douglasien bei 10° C etwa das 3fache und bei 15° C über das 5fache der Dunkelatmung der Nadeln. Interessant ist nach dem Austreiben die Differenzierung der Nadelatmung in den Entwicklungsstadien. So haben junge Nadeln im Juni-August z. B. bei 10° C eine um ca. 40 % und bei 15° C eine um 67 % höhere Nachtatmung als die Nadeln im September bis Dezember.

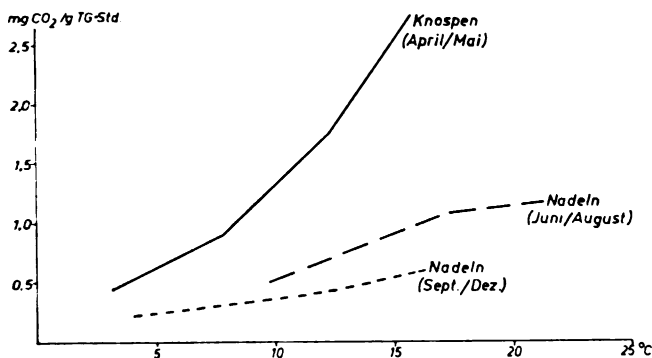



Abb. 3
Die Nachtatmung von Douglasien-Knospen und -Nadeln in Abhängigkeit von der Temperatur in den verschiedenen Entwicklungsstadien.

### 4.2.3. *Lichtfaktor und Entwicklungsphasen*

Die Stoffproduktion ist von dem Zusammenwirken vieler Faktoren abhängig. Da aber einzelne Faktoren gegensinnig wirken, ist es für eine Beurteilung der Entwicklungsphasen notwendig, die einzelnen Elemente getrennt zu betrachten. Für die Darstellung der Abhängigkeit des $CO_2$-Gaswechsels der jungen Nadeln im Laufe des Jahres von der Beleuchtungsstärke wurde der Temperaturbereich von 15 - 20° C ausgewählt, der bei der Gruppierung des Unterlagenmaterials am besten belegt war. Die durchschnittliche relative Luftfeuchte betrug 50 - 60 %, wobei die Angaben für die niederen Beleuchtungsstärken mehr zu den feuchteren, die hohen Beleuchtungsstärken mehr zu den trockeneren Bereichen tendierten. Die Abb. 4 zeigt nun eine klare Trennung nach Monaten, d. h. nach dem Nadelalter vor allem ab 20 Klux. Während die Nadeln im Juni z. B. bei 70 Klux nur etwa 2 mg $CO_2$/gTG · Std. assimilieren können, leisten die Nadeln im Juli das 3½fache bzw. im September über das 4fache.

Auffallend ist der Abfall im August. Während es nach der Darstellung im Abschnitt 4.1. den Anschein hatte, daß die Minderleistung im August auf ungünstige Klimakombinationen zurückzuführen sei, liegt auf Grund der Abb. 4 die Vermutung nahe,

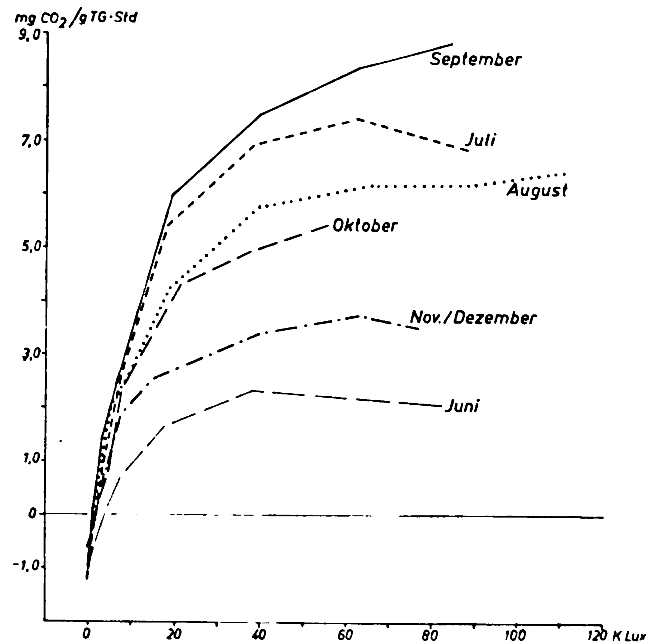



Abb. 4
Die Beziehung zwischen dem Faktor „Licht" und der Nettoassimilation 1jähriger Douglasiennadeln in den verschiedenen Entwicklungsphasen (Temperaturbereich: 15 - 20° C, rel. Luftfeuchte 50 - 60 %).

daß es sich um eine hochsommerliche Depression handeln könnte. Denn z. B. ist bei 70 Klux die Nettoassimilation der Nadeln im Vormonat Juli um ca. 18 %, im Folgemonat September um fast 40 % höher als im August.

In den Monaten Oktober und November/Dezember geht der Einfluß des Lichtfaktors auf die Nettoassimilation kontinuierlich zurück. Offenbar gewinnen andere Faktoren, wie der endonome Rhythmus, an Bedeutung.

### 4.2.4. *Temperaturfaktor und Entwicklungsphasen*

Ein eindeutiges Optimum, wie wir es bei der Beleuchtungsstärke sahen, ist bei dem Einfluß der Temperatur auf die Nettoassimilation nicht festzustellen. Hohe Temperaturen können je nach Witterungskonstellationen mit unterschiedlicher Luftfeuchte, die die Nettoassimilation stark variieren (Künstle, Mitscherlich

1970), verbunden sein. So sind bei Hochdrucklagen hohe Temperaturen meistens mit niederer Luftfeuchte verknüpft, während bei schwülen Gewittertagen die Luftfeuchte bedeutend höher ist. Nach Tab. 2 läßt sich aber doch eine gewisse Tendenz zur Verschiebung optimaler Temperaturbereiche im Jahresablauf erkennen.

Tab. 2
**Temperaturoptimum der Nettoassimilation an Strahlungstagen mit Beleuchtungsstärken über 50 Klux im Jahresablauf**

| Temperaturoptimum: | 10 - 15 °C | 15 - 20 °C | 20 - 25 °C |
|---|---|---|---|
| | | | Juni |
| | | Juli | |
| | | | August |
| | | September | |
| | | Oktober | |
| | November | | |
| | Dezember | | |

Die höchsten Optimaltemperaturen finden wir in den Monaten Juni und August, wie wir es schon bei unseren Douglasien bei den Messungen im Jahre 1969 gefunden hatten (KÜNSTLE, MITSCHERLICH 1970). Im Juli und September 1970 waren die Strahlungstage mit geringerer Luftfeuchte verbunden, so daß sich das Optimum der Nettoassimilation bei niedrigeren Temperaturen einstellte.

Mit zunehmender Jahreszeit geht der Temperaturanspruch zurück. Für die betreffende Jahreszeit überdurchschnittlich hohe bzw. tiefe Temperaturen wirken sich also negativ auf die Nettoassimilation aus.

## 5. Zusammenfassung

In einem 20jährigen Bestand in 600 m SH in der Nähe von Freiburg i. Br. wurden im Jahre 1970 die Assimilations- und Transpirationsmessungen fortgesetzt. Von den Untersuchungen an verschieden alten Douglasientrieben wird hier über den $CO_2$-Gaswechsel von einjährigen Trieben berichtet. Die Bedeutung der verschiedenen Entwicklungsphasen wird an Hand des Jahresganges des $CO_2$-Gaswechsels (Abb. 1) dargestellt. Die Wichtigkeit der Erfassung aller Entwicklungsstadien im Laufe des Jahres zur klaren Beurteilung der Leistungsfähigkeit wird mit ausgewählten Beispielen — Knospenatmung (Abb. 2), Nachtatmung (Abb. 3), Lichtfaktor (Abb. 4) und Temperaturoptimum (Tab. 2) belegt.

Eine Gesamtauswertung, auch der Transpiration und der älteren Nadeljahrgänge, wird z. Zt. vorbereitet.


**Summary**

Title of the paper: *The annual march of $CO_2$ exchange of one-year old shoots of 20 years old Douglas fir.*

Assimilation and transpiration measurements in a 20-years old Douglas fir stand at 600 m. a. s. l. were continued during 1970. The $CO_2$ exchange varied with development of 1-year old shoots (fig. 1). The importance of including all phases of development for annual estimates is demonstrated with exemples of bud respiration (fig. 2), night respiration (fig. 3), light factor (fig. 4) and optimum temperature (tab. 2). The total evaluation, including transpiration and older shoots, is being prepared.

E. F. B.

**Résumé**

Titre de l'article: *Les échanges de $CO_2$ sur les pousses d'un an de Douglas au cours de l'année dans un peuplement âgé de 20 ans.*

Dans un peuplement âgé de 20 ans, à 600 m d'altitude dans les environs de Fribourg en Brisgau, on a poursuivi en 1970 les mesures d'assimilation et de transpiration. Les recherches se font sur des pousses d'âges divers mais on ne rend compte dans cet article que des échanges de $CO_2$ sur les pousses d'un an. L'importance des différentes phases de développement est établie d'après les échanges de $CO_2$ au cours de l'année (tableau 1). La portée de la détermination de tous les stades de développement au cours de l'année pour expliquer la productivité est montrée en choisissant quelques exemples: respiration des bourgeons (tableau 2), respiration nocturne (tableau 3), facteur lumière (tableau 4) et température optimale (tab. 2).

Ultérieurement on donnera les résultats d'ensemble sur la transpiration et sur les pousses plus âgées.

J. M.


**Literatur**


KOCH, W., KLEIN, E. und WALZ, H., 1968: Neuartige Gaswechsel-Meßanlage für Pflanzen im Laboratorium und Freiland. Siemens-Zeitschrift S. 392 - 404. — KÜNSTLE, E. und MITSCHERLICH, G., 1970: Assimilations- und Transpirationsmessungen in einem Stangenholz. AFJZ, Heft 5, S. 89 - 94. — LANGE, O. L., KOCH, W., und SCHULZE, E. D., 1969: $CO_2$-Gaswechsel und Wasserhaushalt von Pflanzen in der Negev-Wüste am Ende der Trockenzeit. Ber. d. Bot. Ges. S. 39 - 61. — MITSCHERLICH, G., KÜNSTLE, E., und LANG, W., 1967: Ein Beitrag zur Beleuchtungsstärke im Bestande. AFJZ, Heft 10, S. 213 - 224. — MITSCHERLICH, G., MOLL, W., KÜNSTLE, E., und MAURER, P., 1965/1966: Ertragskundlich-ökologische Untersuchungen im Rein- und Mischbestand. AFJZ, Heft 10 - 12, 1965, Heft 1 - 5, 1966. — SCHULZE, E. D., 1970: Der $CO_2$-Gaswechsel der Buche (Fagus silvatica L.) in Abhängigkeit von den Klimafaktoren im Freiland. Flora, S. 177 - 232.


# Zur waldbaulichen Planung im Nordostteil der Schwäbischen Alb

**Herrn Professor Dr. G. MITSCHERLICH zur Vollendung seines 60. Lebensjahres gewidmet**

(mit 2 Tabellen)


Von HANS-ULRICH MOOSMAYER


## 1. Einleitung

Eine gute Standortskartierung und ihre ertragskundliche Auswertung bilden eine wertvolle Grundlage für jede waldbauliche Planung. Dies gilt besonders für die Wahl der Betriebszieltypen, die nach der Dienstanweisung für die Forsteinrichtung in Baden-Württemberg (FED 1960) Aufschluß geben „über die durch zielgerechte Bestandesbehandlung und Pflege anzustrebende Endbestockung nach Aufbauform, Baumartenmischung, Holzsorten und Umtriebszeit". Mit den Einheiten der Standortsgliederung wird — typisiert — die jeweilige ökologische Gesamtsituation erfaßt; darauf aufbauend können dann die in Frage kommenden Betriebszieltypen bestimmt werden. Das werden in der Regel mehrere für den Bereich einer Standortseinheit sein (vgl. zur Arbeitsweise und Terminologie der baden-württembergischen Standortskartierung SCHLENKER 1964). Die endgültige Auswahl wird durch standortstypische Zuwachswerte sehr erleichtert, und zwar auch in den Fällen, wo die Holzproduktionsfunktion nicht an erster Stelle unter den vom Wald zu erfüllenden Aufgaben steht.

Die Betriebszieltypen können auf der Grundlage der Standortsgliederung pauschal für ein größeres Gebiet geplant werden;

dabei wird man vor allem die regionalen Unterschiede betrachten und Schwerpunkte für die einzelnen Wuchsbezirke bzw. Wuchsbezirksgruppen setzen. Dies hat z. B. SCHEIFELE (1965) für Baden-Württemberg getan. Ins Einzelne gehende Untersuchungen, die den Zusammenhängen zwischen jeder Standortseinheit und den Betriebszieltypen nachspüren, werden sich zunächst meist auf einen Wuchsbezirk oder eine Wuchsbezirksgruppe beschränken. Beispiele aus Baden-Württemberg für diese Art des Vorgehens sind die Untersuchung über das württembergische Unterland von RAU (1970) und die Arbeit über den Wuchsbezirk Virngrund von HASENMAIER (1964), der seine Vorschläge zur Wahl der Betriebszieltypen auf einer eigenen waldbaulichen und ertragskundlichen Auswertung der Standortskarten aufbaut. Die Fragestellung kann sich auch auf die Anbaumöglichkeiten einer bestimmten Baumart beschränken. Sie wird dann meist ein größeres Gebiet (z. B. ein Bundesland) ins Auge fassen. Hierzu liegen aus jüngster Zeit Arbeiten von HENNE (1970) über die Douglasie in Hessen und von PETRI (1970) über die Eiche in Rheinland-Pfalz vor. Für die vielschichtigen Probleme der Betriebszieltypen- bzw. Baumartenwahl können, sofern die Grundlagen ausreichen, auch Verfahren der Unternehmensforschung wichtige Entscheidungshilfen liefern; ein Beispiel dafür ist die Anwendung der linearen Programmierung durch v. SPERBER (1969).

Die folgende Untersuchung zu dem umrissenen Problemkreis beschäftigt sich mit dem Nordostteil der Schwäbischen Alb. Nach der Standortsgliederung gehören dazu die beiden Wuchsbezirke Nördliches Härdtsfeld und Nördliches Albuch, die zur Wuchsbezirksgruppe Nördliche Ostalb zusammengefaßt werden. Die Nordgrenze der Wuchsbezirksgruppe wird durch den Albtrauf etwa zwischen Heubach und Bopfingen markiert. Im Süden verläuft die Grenze über die Albhochfläche ungefähr auf der Höhe von Heidenheim. Die Mittelachse, die auch die beiden zu einer Gruppe vereinigten Wuchsbezirke trennt, wird vom Kocher-Brenz-Tal zwischen Aalen und Heidenheim gebildet. Die Baumart Fichte in diesem Gebiet hat VILLINGER (1955) behandelt und dabei auch Vorschläge zur Betriebszieltypenplanung gemacht. Die standortskundlichen und ertragskundlichen Unterlagen waren damals aber noch nicht vollständig. In der Zwischenzeit wurden die Standortskarten für sämtliche Staatswaldungen der Wuchsbezirksgruppe erstellt und gemeinsam ertragskundlich ausgewertet (MOOSMAYER 1957). Es handelt sich dabei im wesentlichen um die Forstämter Aalen, Bopfingen, Kapfenburg, Königsbronn, Oberkochen, Schwäbisch Gmünd und Steinheim mit zusammen 11.960 ha Staatswald im Bereich der Wuchsbezirksgruppe (bei einigen dieser Forstämter gehören nur Teile des Staatswaldes zur Nördlichen Ostalb). So mag es lohnend sein, auf dieser Grundlage die Betriebszieltypenplanung (mit Schwergewicht auf der Wahl der Baumarten und ihrer Anteile) für die ganze Wuchsbezirksgruppe vorzunehmen und ihre Auswirkungen auf die Holzproduktion zu berechnen. Dabei müssen selbstverständlich die besonders im stark industrialisierten Gebiet zwischen Aalen und Heidenheim immer wichtiger werdenden Schutz- und Sozialfunktionen des Waldes entsprechend berücksichtigt werden.

## 2. Die standörtlichen und waldgeschichtlichen Verhältnisse

Hier soll nur ein kurzer Abriß gegeben werden, wie er zum Verständnis des Folgenden notwendig ist. Einzelheiten können der Gemeinschaftsarbeit von JÄNICHEN, MÜLLER, SCHLENKER, SEBALD u. A. (1951) und der Untersuchung von MOOSMAYER (1957) entnommen werden.

Die Wuchsbezirksgruppe umfaßt Teile des Albtraufs und der Albhochfläche; letztere weist Höhen über NN zwischen 600 und 750 m auf. Die durchschnittlichen Jahresniederschläge schwanken zwischen 1.000 mm (am Albtrauf) und 800 mm (im Inneren der Hochfläche). Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 7 °C. Die natürliche Regionalwaldgesellschaft ist ein kontinental-montaner Buchenwald.

Geologisch gehört die Wuchsbezirksgruppe zum Weißen Jura. Die Hochfläche wird im wesentlichen von den Stufen Delta, Epsilon und Zeta gebildet; die Stufen Alpha bis Gamma kommen meist nur an den Hängen vor. Das Kalkgestein tritt aber teilweise nicht an die Oberfläche; es wird dort von Resten tertiärer und diluvialer Bodenbildung überlagert, wobei diluviale Feuerstein-Schlufflehme eine große Rolle spielen.

Innerhalb der Nördlichen Ostalb wurden rund 30 Standortseinheiten ausgeschieden. Die Ermittlung ihrer Flächenanteile hat aber ergeben, daß 8 Standortseinheiten allein 92 % der Gesamtfläche einnehmen. Auf diesen Einheiten basiert auch im wesentlichen die vorliegende Untersuchung. Einige kleine Standortseinheiten (2,7 % der Gesamtfläche), für die ertragskundliche Werte vorhanden sind, wurden zwar getrennt erhoben, damit der Gesamtzuwachs möglichst genau berechnet werden konnte, dann aber mit einer verwandten Haupteinheit zusammengefaßt. Alle übrigen Standortseinheiten kamen zur Gruppe „Sonstige", die aber nur 5,3 % der Gesamtfläche einnimmt. Somit ergab sich für die Auswertung die folgende Gliederung (Hinter dem Namen der Standortseinheit bzw. Standortseinheitengruppe steht jeweils ihre absolute Fläche und in Klammern ihr prozentualer Anteil an der Gesamtfläche. Angeführt sei noch, daß der Name der Standortseinheit eine Kurzinformation über die wesentlichen Eigenschaften geben soll; genannt wird in der Regel die natürliche Waldgesellschaft oder der Bodenvegetationstyp; dazu treten je nach den Schwerpunkten Angaben über die Morphologie, die Bodenart, den Wasserhaushalt, die Gründigkeit oder die Aziditätsstufe):

1. Buchenwald auf Weißjurahängen (einschließlich Schluchtvariante) 1168 ha (9,8 %)
2. Elymus-Buchenwald auf flachgründigem Kalkverwitterungslehm 1260 ha (10,5 %)
3. Elymus-Buchenwald auf mittel- und tiefgründigem Kalkverwitterungslehm 960 ha (8,0 %)
4. Buchenwald auf Schichtlehm und Hainsimsen-Buchenwald auf schluffigem Schichtlehm (einschließlich frischer Variante) 3231 ha (27,0 %)
5. Buchenwald auf frischem Mischlehm 306 ha (2,6 %)
6. Hainsimsen-Buchenwald auf Schlufflehm (einschließlich frischer Variante) 2525 ha (21,1 %)
7. Oxalis-Myrtillus-Typ auf saurem Feuersteinlehm 990 ha (8,3 %)
8. Myrtillus-Schreberi-Typ auf stark saurem Feuersteinlehm und auf podsoliertem Feuersteinschutt 889 ha (7,4 %)
9. Sonstige 631 ha (5,3 %).

Die Standortseinheiten 1 bis 3 werden bestimmt durch das unmittelbar anstehende Kalkgestein oder seine Verwitterungsprodukte. Bei Standortseinheit 4 ist der Kalkverwitterungslehm von einer 20 bis 60 cm mächtigen Feinlehm- oder Schlufflehmschicht diluvialer Herkunft überlagert. Die Standortseinheit 5 wird nur in Mulden oder Rinnen ausgeschieden; der Boden ist ein von kalkreichem Hangwasser beeinflußter zusammengeschwemmter Mischlehm. Bei den Standortseinheiten 6 bis 8 ist die Schlufflehmdecke (mit wechselndem Feuersteingehalt, der bis zum Feuersteinschutt gehen kann) mindestens 60 cm stark; der Versauerungsgrad nimmt von 6 nach 8 zu.

Einige Hinweise zur Waldgeschichte erscheinen zum Verständnis des heutigen Waldbildes notwendig. Die Nördliche Ostalb war ursprünglich ein nahezu reines Laubwaldgebiet, in dem die Buche eindeutig vorherrschte; lediglich die Forche mag da und dort mit kleinen Anteilen vertreten gewesen sein (vgl. HAUFF 1937). JÄNICHEN (1951) hat nachgewiesen, daß den Nordosten der Wuchsbezirksgruppe um 1400 ein „Tannen-Vorstoß" erreichte, dem später ein „Fichten-Vorstoß" folgte. Diese Vorstöße kamen aus dem

großen Tannen-Forchen-Buchen-(Fichten)- Gebiet des Virngrunds, der mit seinen Ausläufern nahe an die Ostalb heranreicht. Um 1750 wurden dann die ersten Fichtenbestände künstlich begründet (vgl. KÜHNLE 1954). Der Fichtenanbau in großem Umfange begann in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Der Fichte wurde zunächst vielfach die Forche beigemischt, doch fiel diese meist wieder dem Schneedruck zum Opfer. Als Folge des Mittelwaldbetriebs hatte die Birke bis zum Ende des 18. Jahrhunderts die Buche auf weiten Flächen verdrängt. Mit der Einführung des Dunkelschlags gewann die Buche wieder an Boden; dies wurde zusätzlich durch das hervorragende **Buchen-Mastjahr 1823** gefördert. Die Buche eroberte sich die einer Naturverjüngung günstigen Flächen zurück. Die übrigen Flächen wurden weitgehend mit Fichte bestockt. Reine oder doch nahezu reine Bestände aus Fichte oder Buche bestimmen heute das Waldbild der Nördlichen Ostalb.

### 3. Der heutige Waldzustand

Tabelle 1 zeigt zunächst die Flächenverteilung auf die wesentlichen Standortseinheiten und die beiden Hauptbaumarten Fichte und Buche. Der Fichten-Fläche wurden die geringfügigen Anteile von Tanne und Douglasie zugeordnet, der Buchenfläche die kleinen Anteile von Forche/Lärche und sonstigen Laubbaumarten.

Es ergibt sich eine Verteilung von 60 % Fichte und 40 % Buche. Wirft man die kleinen Anteile anderer Baumarten gesondert aus, zeigt sich folgendes Bild:

58 % Fi, 2 % Ta/Dgl, 36 % Bu, 2 % Fo/Lä, 2 % sLb.

Tabelle 1 enthält außerdem die standortstypischen $dGz_U$-Werte der beiden Hauptbaumarten (Fi U = 100, Bu U = 130), die für 80 % der Fläche direkt aus der ertragskundlichen Auswertung der Standortskarten (MOOSMAYER 1957) entnommen werden konnten. Die noch fehlenden Werte konnten an Hand der standörtlichen Relationen und durch Vergleich mit Daten aus der Mittleren Alb (WERNER 1962) mit relativ großer Sicherheit geschätzt werden. Der durchschnittliche $dGz_U$ der Fichte beträgt 13,3 $Vfm_D$, die Buche zeigt einen Wert von 5,8 $Vfm_D$. Daraus ergibt sich insgesamt ein $dGz_U$ von 10,3 $Vfm_D$. Bei der Beurteilung dieses Werts ist zu bedenken, daß er die maximale Leistung bei weitgehend ungestörter Produktion angibt.

### 4. Die langfristige waldbauliche Planung und ihre Auswirkungen auf Baumartenverhältnis und Zuwachs

Die Betriebszieltypenplanung für die Gesamtfläche ist eine sehr langfristige Überlegung. Sie unterliegt der ganzen Problematik, die Planungen über längere Zeiträume hinweg innewohnt. Trotzdem ist dies der einzige Weg, um zu einer klaren Konzeption zu kommen, aus der sich die mittelfristige Planung im Einrichtungswerk für die jeweils zu verjüngenden Bestände ableiten läßt. Die Verwendung der Standortseinheit als Ordnungsmerkmal bietet den Vorteil, daß die gesamte Planung sehr übersichtlich wird, so daß später notwendige Änderungen gezielt angebracht werden können, zumal ja für die meisten Standortseinheiten mehrere Betriebszieltypen zur Wahl stehen.

Den Betriebszieltypenvorschlägen für die einzelnen Standortseinheiten sollen einige allgemeine Bemerkungen vorausgeschickt werden. Wesentliche waldbauliche Grundlagen stammen aus der Arbeit von VILLINGER (1955); außerdem enthält die ertragskundliche Auswertung der Standortskarten (MOOSMAYER 1957) ein waldbauliches Fazit, in dem nicht zuletzt die Erfahrungen der Forstamtsvorstände und die von den Standortskartierern gesammelten Ergebnisse verwertet wurden. Fichte und Buche werden zweifellos auch in der Zukunft die beiden Hauptbaumarten der Nördlichen Ostalb bleiben. Der Vergleich, den MITSCHERLICH (1963) innerhalb Europas angestellt hat, zeigt ebenfalls deutlich, daß auf der Schwäbischen Alb zu Recht hohe Fichten-Anteile geplant werden. Im Bereich der meisten Standortseinheiten des Untersuchungsgebiets leistet die Fichte einen so hohen Zuwachs, daß ihre starke Betonung unter diesem Gesichtspunkt sicher gerechtfertigt ist. Einschränkungen sind zu machen auf den stark kalkbeeinflußten Böden wegen der Rotfäuleschäden und auf den zur Dichtlagerung neigenden Schlufflehmböden, wo über die Wuchsleistung nach mehreren Generationen Fichte noch keine völlige Klarheit besteht. Insgesamt unbefriedigend bei der Fichte ist das weitgehende Vorkommen in Reinbeständen. Wenn diese auch auf manchen Standortseinheiten in beschränkter Ausdehnung vertretbar sind, muß die künftige Planung auf weiten Flächen doch nach einer Änderung trachten. Die Buche als die herrschende Baumart des Naturwaldes soll weiterhin mit erheblichen Anteilen vertreten sein. Dabei kommen etwa 3 Standortseinheiten für eine regelrechte Buchenwirtschaft mit dem Ziel der Starkholzerzeugung in Frage. Auf den meisten anderen Standorten ist die Buche als dienende Mischbaumart unentbehrlich. Was die Schutz- und Sozialfunktionen angeht, muß die Buche das charakteristische Bild der Schwäbischen Alb an den Hängen gewährleisten; auf der Hochfläche wird sie in den Mischbeständen oder durch den gezielten Wechsel mit Fichtenbeständen für ein möglichst vielfältiges Bild und eine erhöhte Sicherheit sorgen. Trotzdem ist bei der beherrschenden Stellung von Fichte und Buche die Gefahr einer gewissen Eintönigkeit gegeben. Es sollte deshalb jede Gelegenheit genützt werden, auch andere Baumarten zum Zuge kommen zu lassen. Die Möglichkeiten sind aus standörtlichen oder wirtschaftlichen Gründen nicht allzu groß, einige Standortseinheiten bieten aber doch Gelegenheit dazu. Zu denken ist vor allem an die Tanne, allerdings wohl nur in dem Gebiet ihres „natürlichen Vorstoßes" (in der Nähe des niederschlagsreichen Albtraufs). Ein merklicher Anteil wäre an sich für die Douglasie denkbar; da ihr aber in anderen Teilen des Landes (z. B. im kollinen und submontanen Bereich) zwangsläufig große Flächen zufallen werden, wird sie auf der Ostalb im wesentlichen doch auf einige Problemstandorte beschränkt bleiben. Schließlich sollten Edellaubholz-Typen vermehrt begründet werden.

Im folgenden werden die möglichen Betriebszieltypen für die 9 wichtigsten Standortseinheiten bzw. Standortseinheitengruppen kurz erörtert und zu einem Planungsvorschlag zusammengefaßt. Der Betriebszieltyp wird in der Regel nach der bestimmenden Baumart benannt; nur wenn mehrere Baumarten mit ähnlichen Gewichten auftreten, wird dem auch im Namen Rechnung getragen. In Klammern stehen die im Endbestand angestrebten Flächenanteile der Baumarten in Zehnteln. Auf die Problematik einer zutreffenden Ermittlung von Flächenanteilen in Mischbeständen

Tabelle 1

**Jetziger Zustand. Fläche und $dGz_U$ je ha nach Standortseinheiten und Baumarten (die nur kleinen Anteile anderer Baumarten wurden der Fi oder Bu zugeschlagen).**

| Standortseinheit Nr. | Fichte Fläche ha | Fichte $dGz_{100}$ $Vfm_D$ | Buche Fläche ha | Buche $dGz_{130}$ $Vfm_D$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 338 | 11,0 | 830 | 6,4 |
| 2 | 786 | 10,5 | 474 | 5,2 |
| 3 | 510 | 12,9 | 450 | 6,5 |
| 4 | 1704<br>86 | 13,9<br>15,6 | 1441 | 6,0 |
| 5 | 249 | 16,5 | 57 | 6,5 |
| 6 | 1346<br>182 | 15,5<br>15,8 | 997 | 5,8 |
| 7 | 889 | 12,7 | 101 | 4,5 |
| 8 | 817 | 11,6 | 72 | 3,5 |
| 9 | 282 | 11,5 | 349 | 4,5 |
| | 7189<br>(60 %) | *13,3* | 4771<br>(40 %) | *5,8* |

braucht hier nicht näher eingegangen zu werden (vgl. PRODAN 1959, ASSMANN 1961). Es sei nur darauf hingewiesen, daß dem beim Fichten-Typ häufig geplanten Flächenanteil der Buche von 20 % unter den gegebenen Wachstumsverhältnissen ein Volumenanteil zwischen 10 und 15 % entspricht.

1. *Buchenwald auf Weißjurahängen (einschl. Schluchtvariante)*

Aus landschaftlichen Gründen und im Hinblick auf die Schutzfunktion, welche die meisten Bestände auf diesen Standorten erfüllen müssen, verdient das Laubholz (und dabei in erster Linie die Buche) eindeutig den Vorrang. Es kommt hinzu, daß beim dGz$_U$ das Verhältnis zwischen Buche und Fichte hier am engsten ist (1 : 1,6); die Fichte ist zudem stark rotfäulegefährdet. Auch unter diesen Gesichtspunkten ist die starke Betonung der Buche zu begründen. Im Bereich des „Tannenvorstoßes" kann die Tanne mit kleinen Anteilen vertreten sein. Für die Buchenwertholzproduktion kommen vor allem die besseren Teile der Standortseinheit in Frage; sie reichen vom Leistungsdurchschnitt mit einem dGz$_U$ von 6,4, wenn wir die mittlere Streuung nach oben zugrundelegen, bis zu dGz$_U$-Werten von 7,2. Die Schluchtvariante des Hangbuchenwaldes sollte vorwiegend dem Edellaubholztyp zugewiesen werden.

Vorschlag: 90 % Bu-Typ (8 Bu, 1 sLb, 1 Ta(Fi))
10 % Edellb-Typ (3 Es, 3 BAh, 2 Li, 1 BUl, 1 Bu)

2. *Elymus-Buchenwald auf flachgründigem Kalkverwitterungslehm*

Vorweg ist zu bedenken, daß bei einigen älteren Standortskarten nur eine flachgründige und tiefgründige Stufe des Kalkverwitterungslehms ausgeschieden wurde. Die Einheit auf mittelgründigem Kalkverwitterungslehm kam erst später dazu. Deshalb enthält die hier erfaßte Fläche des flachgründigen Kalkverwitterungslehms auch Teile, die heute zur mittelgründigen Einheit gehören würden.

Die schlechteren Teile der Standortseinheit sollten vor allem dem Laubholz vorbehalten bleiben; teilweise sind extensive Formen der Bewirtschaftung angebracht. Im Einzelfall kann auch zum Forchen- oder Schwarzforchen-Typ gegriffen werden. Es kommen aber nur Lagen in Frage, wo die Schneedruckgefahr gemildert ist. Auf den besseren Partien kann ein Fichten-Typ geplant werden; die Buchenbeimischung sollte aber höher als im Regelfall sein. Da die Rotfäulegefährdung der Fichte groß ist, wird man in der Nähe des Albtraufs teilweise die Tanne heranziehen.

Vorschlag: 50 % Bu-Typ (8 Bu, 1 SAh, 1 Li)
40 % Fi-Typ (7 Fi(Ta), 3 Bu)
10 % Fo-Typ (7 Fo(SFo), 2 Bu, 1 Li)

3. *Elymus-Buchenwald auf mittel- und tiefgründigem Kalkverwitterungslehm*

Diese beiden stabilen Standortseinheiten bieten verschiedene gute Möglichkeiten. Denkbar ist ein Buchen-Typ mit dem Ziel der Starkholzproduktion; man wird ihn vor allem im tiefgründigen Bereich ansiedeln, wo dGz$_U$-Werte um 7 zu erwarten sind. Der Fichten-Typ erbringt gute Leistungen, doch dürfen auch hier die Verluste durch Rotfäule nicht außer Acht gelassen werden. Aus diesem Grunde wird man der Tanne in dem für sie günstigen Bereich einen nennenswerten Anteil zuweisen.

Vorschlag: 40 % Bu-Typ (9 Bu, 1 sLb)
40 % Fi-Typ (8 Fi, 2 Bu)
20 % Fi-Ta-Bu-Typ (5 Fi, 3 Ta, 2 Bu)

4. *Buchenwald auf Schichtlehm und Hainsimsen-Buchenwald auf schluffigem Schichtlehm (einschließlich frischer Variante)*

Je weiter wir uns von den reinen Kalkverwitterungslehmen entfernen, desto größer wird die relative Leistungsunterlegenheit der Buche gegenüber der Fichte. Dies beginnt schon beim Schichtlehm, der eine 20 - 60 cm starke Schlufflehmdecke über dem Kalkverwitterungslehm trägt. Das dGz$_U$-Verhältnis beträgt hier 1 : 2,3. Die Überlagerung bedingt auch — mindestens beim oberflächlich versauerten Hainsimsen Buchenwald auf schluffigem Schichtlehm — eine Verminderung der Rotfäulegefahr. Der Fichten-Typ ist unbedenklich; die Buchenbeimischung ist hier besonders wertvoll, weil die Buche den Kalkverwitterungslehm erreicht.

Vorschlag: 100 % Fi-Typ (8 Fi, 2 Bu)

5. *Buchenwald auf frischem Mischlehm*

Die Fichte erbringt Spitzenleistungen. Fichtenreinbestände sind auf dieser selten in großer Flächenausdehnung vorkommenden Standortseinheit tragbar. Die Gefährdung durch Sturm darf allerdings nicht vergessen werden. Wo sich die Tanne ohne größere Schwierigkeiten beimischen läßt, sollte dies im Hinblick auf die Stabilisierung der Bestände geschehen.

Vorschlag: 70 % Fi-Typ (10 Fi)
30 % Fi-(Ta-)Typ (7 Fi, 3 Ta)

6. *Hainsimsen-Buchenwald auf Schlufflehm (einschließlich frischer Variante)*

Das dGz$_U$-Verhältnis zwischen Buche und Fichte beträgt 1 : 2,7. Das Schwergewicht wird eindeutig bei der Fichte liegen. Reinbestände sollten aber vermieden werden, da der Boden — besonders bei geringem Feuersteinanteil — zur Verdichtung neigt. Der biologische Wert einer Buchenbeimischung ist auf diesen Standorten wegen der besseren Durchwurzelung und der lockeren Mischstreu noch gegeben; er wird aber bereits abgeschwächt durch das hier ungünstige Kalk/Kieselsäure-Verhältnis des Buchenblattes (vgl. SCHAIRER 1939). In der Regel wird man den Fichten-Typ mit einer Buchenbeimischung wählen, am niederschlagsreichen Albrand auch einen Fichten-Tannen-Buchen-Typ.

Vorschlag: 80 % Fi-Typ (8 Fi, 2 Bu)
20 % Fi-Ta-Bu-Typ (5 Fi, 3 Ta, 2 Bu)

7. *Oxalis-Myrtillus-Typ auf saurem Feuersteinlehm*

Der Fichte werden erhebliche Anteile eingeräumt werden können. Ihre durchaus gute Leistung (dGz$_U$ = 12,7) ist allerdings nur für die erste Generation nach Laubholz nachgewiesen. Man wird ähnliche Leistungen in weiteren Fichten-Generationen nur erwarten dürfen, wenn zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden. Die Buche ist als Mischbaumart problematisch, weil ihr Blatt ein noch ungünstigeres Kalk/Kieselsäure-Verhältnis als bei Standortseinheit 6 aufweist. An ihrer Stelle können in erster Linie Birke (vgl. H. KOCH 1939), Hainbuche und Vogelbeere treten. Außerdem kommt eine Düngung in Betracht, die auch wieder die Buche als Mischbaumart aufwerten könnte. Die Wachstumsrelation der Tanne gegenüber der Fichte ist in den niederschlagsreichen Teilen günstig. Für eine Erweiterung der Douglasienfläche (an die insgesamt — wie gesagt — nur in bescheidenem Ausmaß gedacht ist) bietet sich in erster Linie diese Standortseinheit an.

Vorschlag: 60 % Fi-Typ (8 Fi, 2 sLb)
20 % Fi-Ta-Lb-Typ (5 Fi, 3 Ta, 1 Bu, 1 sLb)
20 % Dgl-Typ (9 Dgl, 1 sLb)

8. *Myrtillus-Schreberi-Typ auf stark saurem Feuersteinlehm und auf podsoliertem Feuersteinschutt*

Für die besseren Partien dieser Standortseinheitengruppe gilt Ähnliches wie bei 7. Soweit die schlechteren Teile (vor allem im Bereich des Feuersteinschutts) noch eine naturwaldähnliche Bestockung in Gestalt des Heidelbeer-Buchenwaldes tragen, sollte sie belassen bzw. auf möglichst einfache Weise wieder begründet werden; große Investitionen lohnen sich hier nicht (diese Fälle werden

im folgenden Vorschlag unter dem Begriff „Naturwaldtyp" zusammengefaßt). Wo im Bereich des Feuersteinschutts Versuche von der Ausgangslage her notwendig werden, ist an die Douglasie und — in weniger schneedruckgefährdeten Lagen — an die Forche zu denken (vgl. W. Koch 1951).

Vorschlag: 40 % Fi-Typ (8 Fi, 2 sLb)
20 % Dgl-Typ (9 Dgl, 1 sLb)
20 % Fo-Typ (7 Fo, 3 sLb)
20 % Naturwald-Typ (8 Bu, 2 sLb)

### 9. *Sonstige Standortseinheiten*

Für die Betriebszieltypenplanung kann man aus diesen sehr verschiedenen Splitter-Standortseinheiten grob 2 Gruppen bilden. Bei der einen ist durchweg ein Fichtentyp mit Buchenbeimischung möglich; die andere, in der die Steppenheidewälder an den Hängen das größte Gewicht besitzen, wird man einer naturwaldähnlichen Bestockung überlassen oder zuführen.

Vorschlag: 60 % Fi-Typ (8 Fi, 2 Bu)
40 % Naturwald-Typ (5 Bu, 5 sLb)

Es wurde darauf verzichtet, zu jedem Betriebszieltyp innerhalb jeder Standortseinheit eine Umtriebszeit anzugeben. Es sei nur kurz vermerkt, daß die Umtriebszeit der Fichte etwa zwischen 90 und 110 Jahren schwankt; dabei gilt die Untergrenze für die rotfäulegefährdeten Kalkstandorte, die Obergrenze für die Feuersteinlehme, auf denen die Fichte lange gesund bleibt. Bei der Buche kann man fast überall die durchschnittliche Umtriebszeit von 130 Jahren unterstellen.

Die Auswirkungen der geschilderten Planung auf Baumartenverhältnis und Zuwachs gehen aus Tabelle 2 hervor. Für jede Standortseinheit ergab sich aus der Gesamtfläche sowie aus den Flächenanteilen der Betriebszieltypen und der einzelnen Baumarten die neue Baumartenverteilung. Das Baumartenverhältnis im ganzen mit

56 % Fi, 3 % Ta, 3 % Dgl, 2 % Fo (SFo), 29 % Bu, 7 % sLb

bringt gegenüber dem jetzigen Zustand nur eine unbedeutende Erhöhung des Nadelbaumanteils. Die Vielfalt wird größer: der Anteil der außer Fichte und Buche vertretenen Baumarten steigt von 6 % beim jetzigen Zustand auf 15 % an. Noch wesentlicher aber ist die Umstellung in den Bestandestypen. Während zur Zeit fast nur Reinbestände vorhanden sind, sieht die Planung weitgehend Mischbestände — meist mit starker Betonung einer Baumart — vor. Bei der Zuordnung der Typen zu den einzelnen Standortseinheiten spielten auch die Schutz- und Sozialfunktionen eine große Rolle (Albtrauf!).

Bei der Berechnung des Zuwachses mußten für die seither nur wenig vertretenen Baumarten die standortstypischen $dGz_U$-Werte eingeschätzt werden. Teilweise standen dafür Unterlagen aus den ertragskundlichen Auswertungen der Ostalb und der Mittleren Alb zur Verfügung. Daraus konnte z. B. für die Tanne abgeleitet werden, daß ihr dGz auf den in Frage kommenden Standortseinheiten etwa in der Größenordnung der Fichtenwerte liegen dürfte.

Die standortstypischen dGz-Werte wurden in Reinbeständen ermittelt. Sie mußten in Tabelle 2 auf Mischbestände übertragen werden. Nach den Untersuchungen von Kennel (1965) über den Fichten-Buchen-Mischbestand und nach einigen Einzelergebnissen aus der Ostalb (Moosmayer 1957) hätte man beispielsweise daran denken können, bei der Fichte im Mischbestand einen höheren flächenbezogenen Zuwachs anzusetzen. Es wurde aber darauf verzichtet, weil die speziellen Grundlagen für das Untersuchungsgebiet doch zu spärlich sind. So wurde bei jeder Baumart der flächenbezogene Zuwachs unterstellt, der auch im Reinbestand geleistet wird. Damit ergibt sich bei dem angestrebten Baumartenverhältnis eher ein zu niederer dGz; die Zuwachsprognose wird also auf keinen Fall zu optimistisch sein.

Ein Vergleich der dGz-Werte aus Tabelle 1 und 2 zeigt, daß der Durchschnittswert der Fichte noch erhöht werden kann; dem liegt die geplante Verlagerung auf Standortseinheiten mit hoher Fichtenleistung zugrunde. Beim Buchen-dGz ergibt sich nur eine geringfügige Abschwächung. Nach Durchführung der Betriebszieltypenplanung würde der $dGz_U$ insgesamt bei 10,7 $Vfm_D$ liegen. Das bedeutet eine kleine Erhöhung gegenüber dem jetzigen Zustand (10,3), die sich im Wertzuwachs noch etwas stärker auswirken würde — zur Zeit werden 7,9 $Vfm_D$ von der Fichte (Tanne, Douglasie) erbracht, nach der Planung würden es 8,7 $Vfm_D$ sein.

Mit der vorgeschlagenen Betriebszieltypenplanung wurde versucht, die weitgehende Begründung von Mischbeständen sowie die landschafts- und standortsgerechte Verteilung der Baumarten mit einer Holzproduktion in Einklang zu bringen, die möglichst noch über der jetzigen liegen sollte. Die auf standortstypischen Werten beruhende Zuwachsprognose hat gezeigt, daß dies gelingen kann.

## Zusammenfassung

Im Bereich der Wuchsbezirksgruppe Nördliche Ostalb stehen für 11.960 ha Staatswald die Standortskarten und deren ertragskundliche Auswertung zur Verfügung. An Hand dieser Grundlagen

Tabelle 2
**Langfristige Planung. Fläche und $dGz_U$ je ha nach Standortseinheiten und Baumarten**

| Standorts-einheit Nr. | Fichte | | Tanne | | Douglasie | | Forche (Schwarz-Fo) | | Buche | | sonstige Laubbaumarten | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fläche ha | $dGz_{100}$ $Vfm_D$ | Fläche ha | $dGz_{100}$ $Vfm_D$ | Fläche ha | $dGz_{80}$ $Vfm_D$ | Fläche ha | $dGz_{120}$ $Vfm_D$ | Fläche ha | $dGz_{130}$ $Vfm_D$ | Fläche ha | $dGz_{100}$ $Vfm_D$ |
| 1 | — | — | 105 | 11,0 | — | — | — | — | 852 | 6,4 | 211 | 5,5 |
| 2 | 353 | 10,5 | — | — | — | — | 88 | 6,0 | 680 | 5,2 | 139 | 4,9 |
| 3 | 404 | 12,9 | 57 | 12,9 | — | — | — | — | 462 | 6,5 | 37 | 5,5 |
| 4 | 2480<br>103 | 13,9<br>15,6 | — | — | — | — | — | — | 648 | 6,0 | — | — |
| 5 | 279 | 16,5 | 27 | 16,5 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6 | 1725<br>147 | 15,5<br>15,8 | 148 | 15,5 | — | — | — | — | 505 | 5,8 | — | — |
| 7 | 574 | 12,7 | 59 | 12,7 | 178 | 13,7 | — | — | 20 | 4,5 | 159 | 4,0 |
| 8 | 285 | 11,6 | — | — | 160 | 12,6 | 125 | 5,0 | 142 | 3,5 | 177 | 3,0 |
| 9 | 303 | 12,5 | — | — | — | — | — | — | 202 | 3,5 | 126 | 3,0 |
| | 6653 (56 %) | *14,0* | 396 (3 %) | *13,6* | 338 (3 %) | *13,2* | 213 (2 %) | *5,4* | 3511 (29 %) | *5,7* | 849 (7 %) | *4,2* |

wurde die jetzige Verteilung der Baumarten auf die Standortseinheiten und ihr durchschnittlicher Gesamtzuwachs ermittelt (Tab. 1). Diese Ausgangswerte dienten zum Vergleich mit der Betriebszieltypenplanung, die für jede Standortseinheit eine „Idealbestockung" ausweist. Daraus ließen sich das langfristig anzustrebende Baumartenverhältnis und der dabei zu erwartende Zuwachs berechnen (Tab. 2). Es konnte gezeigt werden, daß die Umstellung von den heute überwiegenden Reinbeständen aus Fichte und Buche zu Mischbeständen, die landschafts- und standortsgerechte Verteilung der Baumarten und eine hohe Holzproduktion miteinander vereinbar sind.


### Summary

Title of the paper: *On silvicultural planning in the north-eastern Suebian Alb mountains.*

The present distribution of species on site types and their mean increments were derived from site maps and yield assessments for 11,960 ha state forests in the growth region group North East-Alb (tab. 1). The results were compared with the stand type planning which identifies an ideal growing stock for each site type. From this, the long-term desirable species composition and the corresponding increments could be determined (tab. 2). The conversion of the existing pure spruce and beech forests into mixed stands, the choice of species according to amenity and site factors, and a high timber production are reconcilable. E. F. B.

### Résumé

Titre de l'article: *Planification sylvicole dans le Nord-Est du Jura Souabe.*

Pour le groupe de «zones de production» du Nord-Est de Jura Souabe, on dispose pour les 11 960 ha des Forêts de l'Etat, des cartes de stations et de leur interprétation pour études de production. A partir de ces données de base, on a pu établir qu'elle était la répartition actuelle des essences forestières sur les unités stationnelles et évaluer leur accroissement total moyen (tab. 1). Ces valeurs permettent de comparer les «plans d'aménagement» qui déterminent pour chaque unité stationnelle, la «structure de peuplement idéale». On peut encore estimer quelle est la répartition des essences vers laquelle on doit tendre à long terme et qu'elle sera la production qui pourra ainsi être obtenue (tab. 2). On a pu montrer qu'une transformation des peuplements purs d'épicéa et de hêtre, actuellement les plus nombreux, en peuplements mélangés permettait de concilier une haute production avec une répartition des essences bien adaptées aux conditions de station et satisfaisantes sur le plan de l'aménagement de l'espace rural. J. M.


### Literatur


Assmann, E., 1961: Waldertragskunde. BLV-Verlagsgesellschaft München-Bonn-Wien. — Hasenmaier, E., 1964: Versuch einer waldbaulichen Auswertung der Standortskartierung im Virngrund (Nordwürttemberg). Mitt. d. Vereins f. Forstliche Standortskunde u. Forstpflanzenz. 13. — Hauff, R., 1937: Die Buchenwälder auf den kalkarmen Lehmböden der Ostalb und die nacheiszeitliche Waldentwicklung auf diesen Böden. Jahreshefte d. Vereins f. vaterländische Naturkunde in Württemberg. — Henne, A., 1970: Douglasien-Anbau in Hessen. Allg. Forstzeitschrift 25. — Jänichen, H., Müller, S., Schlenker, G., Sebald, O. u. A., 1951: Die Waldstandorte des nördlichen Härdtsfelds (Nordostalb). Mitt. d. Vereins f. Forstliche Standortskartierung 1. — Kennel, R., 1965: Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 136. — Koch, H., 1939: Waldgeschichtliche und waldbauliche Beiträge in: Die Buche der Ostalb. Mitt. d. Württ. Forstlichen Versuchsanstalt. — Koch, W., 1951: Die Meliorationsversuche von Forstmeister A. Hofmann auf Feuersteinschutt im Forstamt Aalen. Mitt d. Vereins f. Forstliche Standortskartierung 1. — Kühnle, U., 1954: Waldgeschichtliche Untersuchungen im Forstamt Königsbronn. Referendararbeit bei der Forstdirektion Nordwürttemberg. — Mitscherlich, G., 1963: Das Wachstum der Fichte in Europa. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 134. — Moosmayer, H.-U., 1957: Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung im Ostteil der Schwäbischen Alb. Mitt d. Vereins f. Forstliche Standortskunde u. Forstpflanzenz. 7. — Petri, H., 1970: Eichenanbau in Rheinland-Pfalz. Allg. Forstzeitschrift 25. — Prodan, M., 1959: Umrechnung von Massen in Flächenanteile. Forstarchiv 30. — Rau, F., 1970: Waldwirtschaft im württembergischen Unterland. Vortrag bei der Tagung d. Vereins f. Forstliche Standortskunde u. Forstpflanzenz. in Ludwigsburg am 18. 6. — Schairer, E., 1939: Bodenkundliche Beiträge in: Die Buche der Ostalb. Mitt. der Württ. Forstlichen Versuchsanstalt. — Scheifele, M., 1965: Zur Planung und Wahl der Holzarten in den öffentlichen Waldungen von Baden-Württemberg. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 136. — Schlenker, G., 1964: Entwicklung des in Südwestdeutschland angewandten Verfahrens der Forstlichen Standortskunde. In: Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben, Stuttgart. — Sperber, H. L. von, 1969: Optimale Holzartenwahl mit linearer Programmierung. Dissertation Freiburg. — Villinger, B., 1955: Die Fichte der Ostalb. Jahresbericht d. Bad.-Württ. Forstvereins (Schwäbisch Gmünd). — Werner, H., 1962: Untersuchungen über das Wachstum der Hauptholzarten auf den wichtigsten Standortseinheiten der Mittleren Alb. Mitt. d. Vereins f. Forstliche Standortskunde u. Forstpflanzenz. 12.


# Zum Fortschreibungsfehler in der Forsteinrichtung

**Herrn Professor Dr. G. MITSCHERLICH zum 60. Geburttsag**

(mit 3 Abbildungen und 3 Tabellen)


Von W. Schöpfer
unter Mitarbeit von D. Nagel


## 1. Einleitung

Bei der rechnerischen Fortschreibung gemessener Bestandesdaten der Waldzustandserfassung der Vortaxation konzentriert sich das Interesse naturgemäß auf die Fortschreibung des alten Holzvorrats. Die Fortschreibung der übrigen Bestandesmerkmale ist im allgemeinen unproblematisch; sie resultiert zum Teil als Nebenprodukt aus dem Rechengang der Vorratsfortschreibung.

Die Entwicklung des Sonderprogramms FEFORT durch die Abteilung Biometrie der Bad.-Württ. FVA (Schöpfer et al., 1968) gab den Anstoß, den Fragenkomplex des Fortschreibungsfehlers näher zu untersuchen. Dieses Fortschreibungsprogramm in seinen beiden Versionen FEFORT 1 (absolute Zuwachswerte) und FEFORT 2 (relative Zuwachswerte) ist für die partielle Automatisierung der Vorratsfortschreibung im Rahmen der periodischen Forsteinrichtungserneuerung bestimmt. Beide Programmvarianten, zusammen mit einem wahlweise vom Taxator über eine Parameterkarte ansteuerbarem Unterprogramm zur überschlägigen Fehlerkalkulation befinden sich seit 1967 im praktischen Einsatz in der Forsteinrichtung des Landes Baden-Württemberg (Abb. 1). Die fehlertheoretischen Überlegungen, die zur Entwicklung dieses Fehlerprogramms führten, sind Kernstück der folgenden Ausführungen.

## 2. Einige theoretische Grundlagen der Vorratsfortschreibung

### 2.1. *Formelmäßige Erfassung der Fortschreibung*

Die Formel der Vorratsfortschreibung kann man aus der bekannten Formel der Kontrollmethode zur Bestimmung des Volumenzuwachses ableiten:

$$Z = V_2 + N - V_1 \qquad (1)$$

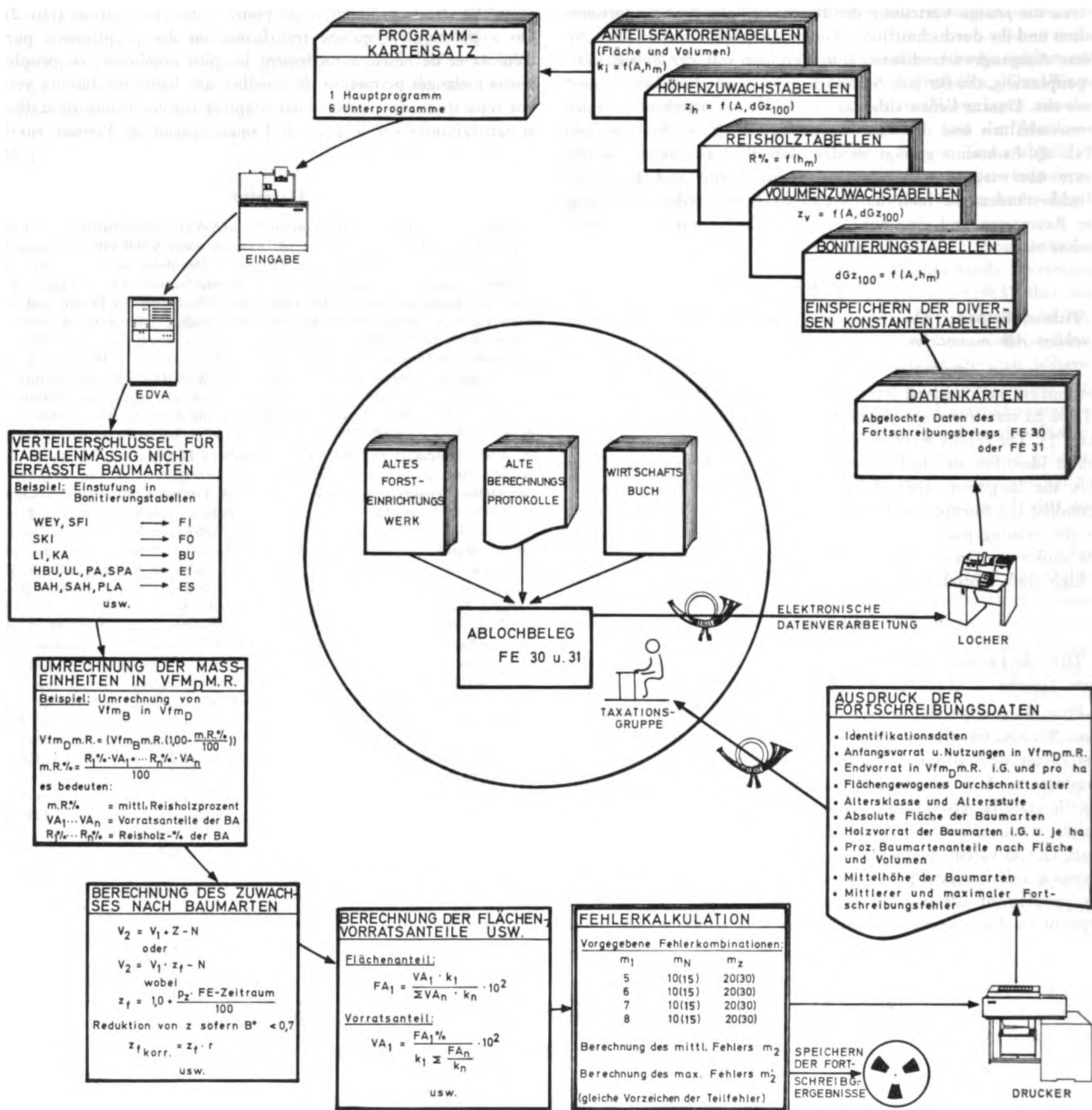



Abb. 1
Schematisches Ablaufdiagramm zum Fortschreibungsprogramm FEFORT mit Alternativkomplex „Fehlerkalkulation".

hierin bedeuten:

$Z$ = periodischer Volumenzuwachs

$V_1$ bzw. $V_2$ = Holzvorrat am Anfang bzw. Ende der Periode

$N$ = Nutzungen innerhalb der Kontrollperiode.

In diesem Ansatz werden die Variablen $V_1$, $V_2$ und $N$ durch vergleichbare Messung am stehenden Bestand und durch Berechnung nach demselben Vorratsermittlungsverfahren bestimmt.

Die Umstellung der Variablen von Ansatz (1) führt zur Gleichung der Vorratsfortschreibung:

$$V_2 = V_1 + Z - N \qquad (2)$$

Anstelle des Zuwachswertes Z rückt der Endvorrat $V_2$ zur gesuchten Zielgröße auf.

Der Zuwachs kann in die Formel (2) sowohl in absoluten als auch in relativen Werten eingehen. Werden anstelle absoluter Zuwachswerte die Zuwachsprozente $p_v$ (bezogen auf den Anfangsvorrat $V_1$) verwendet, so geht die Formel über in:

$$V_2 = V_1 \cdot k_i - N \qquad (3)$$

hierin bedeuten:

$k_i = 0{,}0\, p_v \cdot n + 1{,}0$ = Zuwachsfaktor

($n$ = Fortschreibungszeitraum

$p_v$ = flächengewogenes mittleres Zuwachsprozent der Periode)

oder aber, wenn man nach einem Vorschlag von PFEILSTICKER (1960) von einer Aufteilung der Holzernte auf die beiden Periodenhälften ausgeht:

$$V_2 = (V_1 - N_{1.PH}) \cdot k_i - N_{2.PH} \qquad (4)$$

($N_{1.PH}$, $N_{2.PH}$ = Nutzung in der 1. bzw. 2. Periodenhälfte).

Alle drei Berechnungsverfahren sind mit gewissen Modifikationen in der Praxis eingeführt.

Eine noch genauere Berücksichtigung der Nutzungen würde die Anwendung der Zinzeszins-Formel für die Fortschreibung ermöglichen:

$$V_2 = V_1 \cdot k_i - \Sigma (N_J \cdot 1.0\, p_i^{n-J}) \qquad (5)$$

dabei ist: $k_i = 1{,}0\, p_i^n$ = Zuwachsfaktor
$p_i$ = Zuwachsprozent
$n$ = Fortschreibungszeitraum
$J$ = Jahr der Nutzung im Fortschreibungszeitraum

Für die Anwendung dieser Formel fehlen jedoch gegenwärtig noch die Grundlagen (entsprechend hergeleitete Zuwachsprozente).

### 2.2. *Zur Fehlerkalkulation*

Die für die klassische Kontrollmethode kennzeichnende strenge Vergleichbarkeit der Meßwerte ist im Falle der Vorratsfortschreibung nicht mehr gegeben:

2.21. Der Anfangsvorrat $V_1$ mit den Vorrats- bzw. Flächenanteilen der Mischbaumarten ist den Berechnungsprotokollen der Vortaxation bzw. dem alten Betriebswerk zu entnehmen. Maßeinheit ist im allgemeinen der Vfm$_D$ m. R. Daneben kommen als weitere Maßeinheiten der Efm$_D$ m. R. und der Vfm$_B$ m. R. vor. Dieses Nebeneinander verschiedener Maßeinheiten hat bereits historischen Charakter; es gilt nur noch für die abgelaufene Forsteinrichtungsperiode.

Die bestandesweise Vorratsermittlung durch Vollaufnahme gleichaltriger Reinbestände im Rahmen der Forsteinrichtung kann — sorgfältige Arbeitsweise bei der Grundflächen- und Höhenmessung vorausgesetzt — mit einer mittleren Genauigkeit von ± 5 - 8 % erfolgen. Diese Rahmenwerte gelten sowohl für das sogenannte Massentafelverfahren mit individuellen Bestandeshöhenkurven als auch für das in der Forsteinrichtung der Länder eingebürgerte Reihenverfahren mit Einheitshöhenkurven nach v. LAER/SPIECKER.

2.22. Der periodische Volumenzuwachs Z stammt im allgemeinen aus den in der Forsteinrichtung eingeführten Ertragstafeln, seltener aus direkter Messung im Bestand oder aus einer Übertragung von Meßwerten aus vergleichbaren Nachbarbeständen.

FEFORT 2 VORRATS-FORTSCHREIBUNG MIT RELATIVEN ZUWACHS-WERTEN

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| FORSTAMT | 101 | DISTRIKT | 1 | FE-JAHR | 1968 |
| WALDBESITZER | 1 | ABTEILUNG | 5 | FE-ZEITRAUM(JAHRE) | 12 |
| BETRIEB | 21 | U-ABTEILUNG | | | |

ANFANGSVORRAT I.G. 2866 VFM D M.R.
NUTZUNGEN I.G. 349 VFM D M.R.

FORTSCHREIBUNGSDATEN FUER DAS JAHR 1968

ENDVORRAT I.G. 3322 VFM D M.R.
ENDVORRAT PRO HA 421 VFM D M.R.
DURCHSCHNITTSALTER 102

| UNTER-FLAECHE | HOLZBODEN-FLAECHE HA | ALTERSKLASSE ALTERSSTUFE | BAUMART BEZ. | HA | ALTER | DGZ 100 STAT.** | HOLZVORRAT VFM D I.G. | JE HA | BAUMARTENANTEIL VOL.PRZ. | FL.PRZ. | MITTELHOEHE I.M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -0 | 7.9 | 6 | BU | 5.6 | 102 | 7 | 2373 | 300 | 71 | 71 | 29 |
| | | 11 | FI | 1.2 | 102 | 6 | 364 | 46 | 11 | 15 | 25 |
| | | | TA | 0.5 | 102 | 13 | 338 | 43 | 10 | 6 | 31 |
| | | | FI | 0.2 | 102 | 9 | 124 | 16 | 4 | 3 | 29 |
| | | | ES | 0.1 | 102 | 6 | 28 | 4 | 1 | 1 | 31 |
| | | | LAE | 0.1 | 102 | 8 | 29 | 4 | 1 | 1 | 33 |
| | | | HBU | 0.1 | 102 | 4 | 33 | 4 | 1 | 2 | 22 |
| | | | SLB | 0.1 | 102 | 6 | 33 | 4 | 1 | 1 | 25 |
| | | | SUMME | 7.9 | | | 3322 | 421 | 100 | 100 | |

MITTLERER U. MAXIMALER FORTSCHREIBUNGSFEHLER

| TATS.NUTZUNG IN PROZ.D.ANFANGSVORRATES | TAB.ZUWACHS | ANGENOMMENER PROZ.FEHLER FUER ANFANGSVORRAT | NUTZUNG | ZUWACHS | MITTL.PROZ.FEHLER DES ENDVORRATES | MAX.PROZ.FEHLER DES ENDVORRATES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 2.3 | 5 | 10(15) | 20(30) | 6.6 ( 8.6 ) | 10.2 ( 13.2 ) |
| | | 6 | 10(15) | 20(30) | 7.2 ( 9.1 ) | 11.1 ( 14.0 ) |
| | | 7 | 10(15) | 20(30) | 7.8 ( 9.6 ) | 11.9 ( 14.9 ) |
| | | 8 | 10(15) | 20(30) | 8.5 ( 10.1 ) | 12.8 ( 15.7 ) |

** DGL = DGZ 75, ER = DGZ 80, BI/WEI/AS/AK = DGZ 80

Abb. 2
Druckprotokoll des Fortschreibungsprogramms FEFORT für ein Mischbestandsbeispiel. Das Rechenprogramm (Version mit relativen Zuwachswerten) liefert die fortgeschriebenen Bestandesmerkmale in der für die Übertragung in das Waldzustandsheft erforderlichen Aufgliederung. Auf Wunsch des Benutzers werden bestandesweise für den neuerrechneten Vorrat mittlere und maximale Fortschreibungsfehler für verschiedene Kombinationen der Teilfehler für Anfangsvorrat, Nutzung und Zuwachs ausgedruckt. Eine ausführliche Programmbeschreibung findet sich bei SCHÖPFER et al., 1968.

Die Abweichungen der Tafelwerte mit Modellcharakter vom wirklichen Zuwachsgang des Bestandes können bekanntermaßen erheblich sein. Der Schätzfehler des Zuwachses wird für die programmierte überschlägige Fehlerkalkulation mit durchschnittlich ± 20 % (Extremfälle ± 30 %) veranschlagt.

2.23. Die im Fortschreibungszeitraum angefallenen Hiebsergebnisse N sind in den Wirtschaftsbüchern in $Efm_D$ o. R. oder einer anderen Maßeinheit verbucht. Der durch die Umrechnung von liegendem ($Efm_D$ o. R.) in stehendes Holz ($Vfm_D$ m. R.) verursachte Schätzfehler setzt sich aus verschiedenen Teilfehlern zusammen. Dazu zählen der Fehler des Derbholzzuschlagsprozents (nicht verwertbares Derbholz) und der eigentliche Umrechnungsfehler (örtlich abweichende Rindenzuschläge, falsche Umrechnungszahlen von rm in fm, pauschale Angaben über forstübliche Messungsverluste u. a. mehr). Zusätzlich treten bei der Erfassung der Nutzungen Verbuchungs- bzw. Zuordnungsfehler auf, deren Größenordnung im Einzelfall nur schwer abzuschätzen ist.

Der Nutzungsfehler resultiert also aus einer Kombination systematischer und zufälliger Teilfehler, wobei in Mischbeständen der zufällige Charakter des Gesamtfehlers dominieren dürfte.

Die Genauigkeit der Nutzungsergebnisse wird gutachtlich mit durchschnittlich ± 10 % bzw. mit ± 15 % für Extremfälle angenommen. Konkrete Zahlenangaben über den zu erwartenden Gesamtfehler liegen aus dem engeren Untersuchungsgebiet nicht vor.

Für verschiedene denkbare Größenkombinationen der drei wichtigsten Teilfehler werden programmgesteuert mittlere und maximale Fortschreibungsfehler bestandesweise berechnet und ausgedruckt (siehe unteres Drittel des Ergebnisausdrucks von Abb. 2). Eine Verbesserung der in die beiden programmierten Näherungsformeln eingehenden Werte im Sinne einer Fehlerreduktion ist zweifellos möglich. Dies gilt vor allem für den Nutzungs- und Zuwachsfehler. Hierauf ist später noch einzugehen.

### 2.3. *Begrenzungen des Fortschreibungszeitraumes*

Das Sonderprogramm für die Vorratsfortschreibung baut auf den Formeln (2) bzw. (3) unter Verwendung der Zuwachswerte der baden-württembergischen Hilfstabellen für die Forsteinrichtung auf. Dabei wird der Zeitraum, für den eine Fortschreibung möglich erscheint, durch zwei Faktoren begrenzt:

2.31. Das in dem Sonderprogramm verwendete Rechenmodell benützt den jährlichen Zuwachs jeweils einer 10-Jahres-Periode. Bei einer Verlängerung des Fortschreibungszeitraumes über etwa 12 Jahre hinaus entstehen daher größere systematische Abweichungen. Diese Fehler können vermieden werden, wenn längere Fortschreibungsperioden geteilt werden und zweimal fortgeschrieben wird.

2.32. Die Formeln (2) und (3) berücksichtigen den Zeitpunkt der Nutzungen innerhalb einer Periode nicht, die Nutzungen werden am Ende der Periode summarisch abgezogen. Dabei entsteht ein systematischer (positiver) Fehler, der mit wachsender Periodenlänge ansteigt. Auch zur Einschränkung dieses Fehlers bietet sich — bei Periodenlängen über 12 Jahren — eine zweimalige Fortschreibung an.

### 2.4. *Mittlerer Fortschreibungsfehler*

Prodan (1959, 1967) schätzte die Auswirkung zweier Teilfehler (Anfangsvorrat, Zuwachs) auf den Fehler des Endvorrats mit verschiedenen aus der Fehlertheorie abgeleiteten Näherungsformeln ab. Der Nutzungsfehler wurde hierbei dem Fehler des gesuchten Endvorrats gleichgesetzt.

Für die maschinelle Fehlerkalkulation wird eine alle drei Fehlerkomponenten (Anfangsvorrat, Zuwachs, Nutzung) berücksichtigende überschlägige Fehlerformel benutzt. Dabei wird einmal von der Annahme ausgegangen, daß die Vorzeichen der Einzelfehler nicht bekannt sind, zum anderen, daß die Fehler gleichsinnig sind und sich summieren.

Unter der Voraussetzung, daß die Teilfehler zufälliger Art sind, läßt sich die Grundformel:

$$V_2 = V_1 + Z - N$$

der mittlere Fortschreibungsfehler nach der allgemeinen Fehlertheorie kalkulieren:

setzt man

$$f_2 = \frac{m_2}{100} \cdot V_2$$

$$f_1 = \frac{m_1}{100} \cdot V_1$$

$$f_Z = \frac{m_Z}{100} \cdot Z$$

$$f_N = \frac{m_N}{100} \cdot N$$

und schließlich noch:

$$Z = n \cdot 0{,}0\, p_Z \cdot V_1$$
$$N = n \cdot 0{,}0\, p_N \cdot V_1$$

wobei

$m_1, m_2$ = Fehlerprozent des Anfangs- bzw. Endvorrats
$m_Z, m_N$ = Fehlerprozent des Zuwachses bzw. der Nutzung
$p_Z, p_N$ = jährliches Zuwachs- bzw. Nutzungsprozent
$n$ = Fortschreibungszeitraum,

so geht der obige Ansatz über in die Näherungsformel für den mittleren Fortschreibungsfehler:

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{m_1^2 + 0{,}0\, p_Z^2 \cdot m_Z^2 \cdot n^2 + 0{,}0\, p_N^2 \cdot m_N^2 \cdot n^2}{(1{,}0 + n \cdot 0{,}0\, p_Z - n \cdot 0{,}0\, p_N)^2}} \quad (6)$$

Für den Sonderfall:

$$P_N = 0{,}5\, p_Z$$
sowie $$P_N = 0{,}65\, p_Z$$

was etwa für 80- bis 100jährige bzw. 100- bis 120jährige Bestände zutrifft und ausgehend von der realistischen Annahme, daß

$$m_Z = 4\, m_1$$
sowie $$m_N = 0{,}5\, m_Z$$

lassen sich unter Einbeziehung durchschnittlicher aus den Ertragstafeln abgeleiteter Zuwachsprozente:

$p_Z$ = 1,5 — 2,5 / 2,0 % ( 80 - 100 Jahre)
$p_Z$ = 1,0 — 2,0 / 1,5 % (100 - 120 Jahre)

folgende Faustzahlen für den mittleren Fortschreibungsfehler $m_2$ lediglich in Abhängigkeit vom Fehler des Anfangsvorrats $m_1$ ableiten:

$$m_2 = 1{,}18\, m_1$$
bzw. $$m_2 = 1{,}09\, m_1$$

Für ein Fehlerprozent der Nutzung $m_N$ bzw. des Zuwachses $m_Z$ von ± 10 % bzw. ± 20 % (± 30 %) sowie für ein aus der Ertragstafel abgeleitetes Verhältnis von Nutzung zu Zuwachs

| Zuwachsprozent $p_Z$ %: | 1 | 1,5 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Verhältnis $p_N/p_Z$: | 0,70 | 0,65 | 0,55 | 0,45 | 0,40 |

errechnen sich für variable Fehler des Anfangsvorrats $m_1$ die in Übersicht 1 tabellarisierten Näherungswerte für den mittleren Fortschreibungsfehler $m_2$.

Sämtliche Berechnungen gelten für einen 10jährigen Fortschreibungszeitraum.

Tabelle 1
**Mittlerer prozentualer Fortschreibungsfehler für verschiedene Teilfehlerkombinationen**

| $p_Z$ % | $m_N$ % = 10 $m_Z$ % = 20 | | | | $m_N$ % = 10 $m_Z$ % = 30 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $m_1$ % | | | | $m_1$ % | | | |
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | $m_2$ % | | | | $m_2$ % | | | |
| 1 | 5,3 | 6,2 | 7,1 | 8,0 | 5,7 | 6,5 | 7,4 | 8,3 |
| 1,5 | 5,6 | 6,4 | 7,3 | 8,2 | 6,5 | 7,2 | 8,0 | 8,8 |
| 2 | 6,0 | 6,7 | 7,5 | 8,3 | 7,2 | 7,8 | 8,5 | 9,2 |
| 3 | 6,8 | 7,3 | 8,0 | 8,7 | 8,9 | 9,4 | 9,9 | 10,4 |
| 4 | 7,7 | 8,2 | 8,7 | 9,2 | 10,6 | 10,9 | 11,3 | 11,7 |

### 2.5. *Maximaler Fortschreibungsfehler*

Ist der statistische Fehlerausgleich zu verwerfen, so fällt der Fortschreibungsfehler merklich ungünstiger aus. Werden für den Fall systematischer Abweichungen die Teilfehler mit gleichen Vorzeichen angenommen, so errechnet sich dieser Fortschreibungsfehler $m_2'$ nach der Annäherungsformel:

$$m_2' = \frac{m_1 + 0{,}0\ p_Z \cdot m_Z \cdot n - 0{,}0\ p_N \cdot m_N \cdot n}{1{,}0 + n \cdot 0{,}0\ p_Z - n \cdot 0{,}0\ p_N} \qquad (7)$$

Zu einer derart ungünstigen Fehlerkumulation kann es beispielsweise kommen, wenn der Anfangsvorrat unterschätzt (z. B. „gedrückte" Höhen), der Zuwachs zu niedrig angesetzt wird (Ertragstafel-Problem) und die Nutzung infolge fehlerhafter Verbuchung (z. B. Vornutzung statt Endnutzung) oder falschem Umrechnungsfaktor (z. B. höherer Rindenanteil) zu klein ausfällt. Der Fortschreibungsfehler erreicht sein Maximum, wenn die Fehler des Anfangsvorrats und des Zuwachses gleichsinnige, der Nutzungsfehler aber entgegengesetzte Vorzeichen tragen. Andererseits kann es durch eine günstige Kombination der Vorzeichen der Teilfehler zu einem gewissen Fehlerausgleich kommen.

Sind systematische Abweichungen zu befürchten, so ist entweder auf eine Fortschreibung ganz zu verzichten oder aber die Ergebnisse sind mittels geeigneter Korrekturfaktoren zu berichtigen.

Unter den obigen Bedingungen lauten die beiden Faustformeln für eine überschlägige Fehlerkalkulation bei gleichgerichteten Vorzeichen der Teilfehler:

$m_2' = 1{,}45\ m_1$ ( 80- bis 100jährige Bestände)
bzw. $m_2' = 1{,}33\ m_1$ (100- bis 120jährige Bestände)

## 3. Voraussetzungen für den Einsatz der Vorratsfortschreibung

Aus der Diskussion der statistischen Fehlerformeln lassen sich einige wichtige Voraussetzungen für den sinnvollen Einsatz der Vorratsfortschreibung im Zuge der periodischen Forsteinrichtungserneuerung ableiten:

3.1. Dem besonderen Gewicht des Vorratsfehlers $m_1$ ist dadurch Rechnung zu tragen, daß nur sorgfältig gemessene Bestände in die Fortschreibung einbezogen werden; das bedeutet entweder vollgekluppte oder mit einem hohen Flächenanteil repräsentativ erfaßte Bestände. Schätzwerte oder tendenziöse Vollaufnahmen (z. B. systematisch „gedrückte" Höhenwerte) scheiden daher ebenso aus wie Meßergebnisse von Kleinflächen und Nachhiebsresten aus Endnutzungsbeständen. Der Kreis der potentiellen Fortschreibungsfälle wird dadurch von vornherein eingeengt. Identität der Bestandesfläche wird hierbei ebenso vorausgesetzt wie geeignete Berücksichtigung der Kluppschwelle der Vortaxation.

3.2. Nächst dem Fehler des Anfangsvorrats wird der Fortschreibungsfehler durch den Fehler des Zuwachses $m_Z$ beeinflußt. Eine direkte Zuwachsermittlung im Bestand ist aus den verschiedensten Gründen indiskutabel. Als Ausweg und Übergangslösung bieten sich zunächst die Zuwachsdaten der Ertragstafeln an. Das Programm FEFORT ist so aufgebaut, daß diese Daten jederzeit durch regional gesicherte Zuwachswerte (Absolut- oder Relativwerte) ersetzt werden können. Gerade von der in Baden-Württemberg sehr weit fortgeschrittenen Standortskartierung (bis 1968 in Baden-Württemberg 45 % des öffentl. Waldes) sind in diesem Punkt in absehbarer Zeit einschneidende Verbesserungen zu erwarten (Moosmayer, 1967).

3.3. Der Fehler der Nutzungen $m_N$ ist zweifellos bei einer unterflächenweisen (bestandesweisen) Verbuchung der Einschlagsergebnisse am niedrigsten. Sie allein erlaubt die sichere Zuordnung der Erntemassen. Die bestandesweise Verbuchung bietet auch im Hinblick auf eine künftige vollautomatische Fortschreibung die idealsten Voraussetzungen.

Mit dem Aufrücken der Unterabteilung bzw. Abteilung zur Buchungseinheit wird die Zahl der möglichen Fortschreibungsfälle weiter reduziert. Eine Trennung von End- und Vornutzungsbeständen innerhalb einer Unterabteilung ist noch über die getrennte Verbuchung der Ernte nach Vor- und Endnutzung möglich. Dagegen lassen sich mehrere Durchforstungsbestände innerhalb ein und derselben Verbuchungseinheit nicht oder nur unter Inkaufnahme eines hohen Nutzungsfehlers (Zuordnungsfehler) auseinanderhalten.

Der durch die globale Umrechnung der Hiebsmasse von Erntefestmeter o. R. in Vorratsfestmeter m. R. (ein einziger Umrechnungsfaktor für alle Baumarten!) verursachte Fehler kann durch Einbeziehung mehrerer nach Baumarten und Altersstufen getrennten Umrechnungsfaktoren gesenkt werden. Eine weitere Verbesserung der Fortschreibungsergebnisse wird schließlich durch eine nach Baumarten aufgeschlüsselte Hiebsnachweisung erzielt. Praktische Vorschläge wurden bereits an anderer Stelle gemacht (Schöpfer et al., 1968).

## 4. Abschätzung des Fortschreibungsfehlers über Kontrollmessungen

Die theoretische Fehlerkalkulation bedarf notwendigerweise noch der Absicherung und Untermauerung durch den empirisch ermittelten Fortschreibungsfehler. Hierzu eignen sich einmal unter praxisnahen Bedingungen gewonnene Kontrollmessungen an fortgeschriebenen Beständen zum anderen die mit geringeren Teilfehlern behafteten periodischen Vorratsaufnahmen langfristig beobachteter Versuchsflächen.

### 4.1. *Fehlerkalkulation mit Forsteinrichtungsdaten*

Den ersten bekanntgewordenen Vergleich zwischen Vorratsfortschreibung und Vollkluppung stellte Pfeilsticker 1958/59 im Forstbezirk Langenbrand an (Pfeilsticker 1960). Insgesamt wurden 33 Bestände mit einer Gesamtfläche von 190 ha in die Kontrollmessungen einbezogen. Danach ergaben sich folgende Ergebnisse: Bei allen Beständen lag der Fortschreibungsfehler für den Gesamtvorrat unter ± 12 %. Lediglich die Abweichungen der einzelnen Baumarten in Mischbeständen lagen höher. Der gekluppte Gesamtvorrat auf 190 ha Kontrollfläche betrug 61,781 fm, der mittels aufwendiger Zuwachsbohrung fortgeschriebene Vorrat 61,785 fm (± 0 % Abweichung) und der über Zuwachsprozente der Ertragstafel fortgeschriebene Vorrat 60,690 fm (— 1,5 % Abweichung). Auch die Fehler der Einzelbaumarten glichen sich auf der Gesamtfläche von 190 ha recht gut aus:

| Baumart | Abweichung der Vorratsfortschreibung von der Vollaufnahme mit Zuwachsbohrung | mit Ertragstafelzuwachs |
|---|---|---|
| Ta/Fi (70 %) | ± 0 % | — 2 % |
| Kie/Lä (22 %) | + 1 % | ± 0 % |
| Lbhz ( 8 %) | — 5 % | — 5 % |

Demgegenüber zeigten die Vergleichsmessungen anderer Taxatoren widersprüchliche Ergebnisse. Entsprechendes Erhebungsmaterial wurde der Abt. Biometrie 1967/68 im Zuge der langwierigen Testreihen zur Programmentwicklung zur Verfügung gestellt. Die Aussagekraft dieses Vergleichsmaterials war allerdings meist gering, da sowohl die relevanten Bestandesdaten der Vortaxation als auch die Kontrollmessungen teilweise mit systematischen Fehlern behaftet waren. Eine nachträgliche Bereinigung der Forsteinrichtungsdaten war ohne zusätzlichen Aufwand nicht möglich. Hierfür ein typisches Beispiel: WEIDENBACH (1968) nahm 1962 im Forstbezirk Urach ca. 50 ha Fortschreibungsfläche (19 Bestände) voll auf. Die nachträgliche Analyse der Meßwerte der zu vergleichenden Zustandsaufnahmen ergab, daß größere Abweichungen auf systematische Höhenmeßfehler unterschiedlicher Größenordnung zurückzuführen waren. So waren bei der Vortaxation 1953 die Mittelhöhen nachweislich zu hoch, 1962 dagegen im Zuge der Kontrollaufnahmen zu niedrig gemessen worden. Von den 19 Vergleichsbeständen mußten 3 wegen offensichtlicher Verbuchungsfehler bzw. wegen zu niedrigem Restflächenanteil ausgeschieden werden. Von den verbleibenden 16 Beständen blieben immerhin noch 12 unter der 10%-Fehlergrenze.

Die unkorrigierten Daten der Forsteinrichtung eignen sich daher nur bedingt zur empirischen Ermittlung des Fortschreibungsfehlers. In allen Fällen, wo systematische Meßfehler in die Fortschreibung einfließen, ist eine zuverlässige Abschätzung des Fehlerrahmens unmöglich.

### 4.2. *Fehlerkalkulation mit Versuchsflächendaten*

Merklich günstigere Voraussetzungen für eine untendenziöse Schätzung des Fortschreibungsfehlers bietet die Auswertung langfristig beobachteter Versuchsflächen. Von der Abteilung Ertragskunde der bad.-württ. FVA konnten hierzu 72 Beobachtungsreihen 60- bis 140jähriger Rein- und Mischbestände verwendet werden. Als Eingangsgrößen für die elektronischen Vorratsfortschreibung (Programmversion relative Zuwachswerte) wurden lediglich Anfangsvorrat, Mittelhöhe und Alter den Versuchsflächenakten entnommen. Fortgeschrieben wurde über einen Zeitraum von 15 - 20, im Extremfall (Eichen-Altbestände) bis 45 Jahre.

Die Entwicklung des Fortschreibungsfehlers über dem Fortschreibungszeitraum für Reinbestände aus Fichte/Tanne, Kiefer, Buche und Eiche zeigt Abbildung 3. Die für jede Versuchsflächenaufnahme errechneten Fehler wurden in das Diagramm eingetragen und bestandesweise zu Fehlerkurven miteinander verbunden. Als zusätzliche Information sind in Tabelle 2 die aus dem Graphikon abgeleiteten durchschnittlichen absoluten Fortschreibungsfehler für einen Zeitraum von 10 und 15 Jahren zusammengestellt.

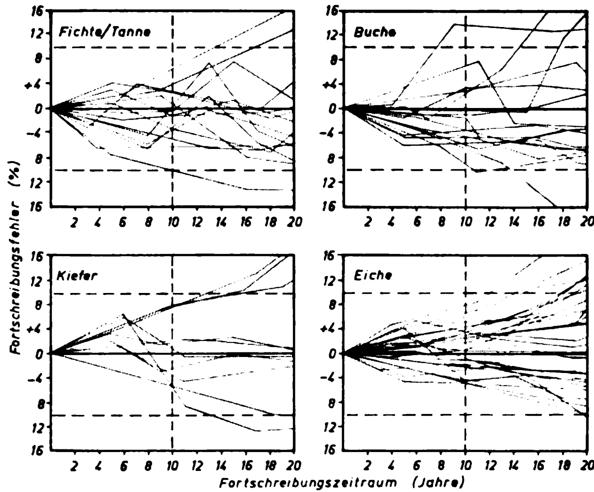



Abb. 3
Darstellung des Fortschreibungsfehlers von 57 Versuchsflächen der Abt. Ertragskunde der bad.-württ. FVA. Die unterschiedlich stark durchforsteten Flächen stammen aus mehreren Forstbezirken Baden-Württembergs. Die ausgezogenen Kurven geben die Entwicklung des Fortschreibungsfehlers der Einzelbestände über einem 20 Fortschreibungszeitraum an. Über alle Baumarten hinweg halten sich die positiven und negativen Fehler etwa die Waage. Systematische Abweichungen bei den Einzelbaumarten sind im wesentlichen die Folge unzutreffender Ertragstafelzuwächse.

Tabelle 2
**Tatsächlicher mittlerer Fortschreibungsfehler der Versuchsflächen**

| Baumart | Zahl der Bestände | Fortschreibungszeitraum (Jahre) | |
|---|---|---|---|
| | | 10 | 15 |
| Fi/Ta | 15 | 4,2 | 6,7 |
| Kie | 9 | 5,5 | 7,9 |
| Bu | 18 | 5,4 | 6,9 |
| Ei | 30 | 4,0 | 5,6 |
| alle BA | 72 | 4,6 | 6,4 |

Beide Darstellungen lassen in eindrucksvoller Weise das Anwachsen des Fortschreibungsfehlers mit steigendem Fortschreibungszeitraum erkennen. Der mittlere absolute Fortschreibungsfehler der Versuchsflächen beträgt nach 10 Jahren je nach Baumart zwischen 4,0 - 5,5 / 4,6 %. Betrachtet man statt der Durchschnittswerte die Einzelabweichungen, so liegen bei einem 10jährigen Fortschreibungszeitraum von 57 Flächen

58 % in einem Fehlerrahmen $\leq \pm$ 4 %
75 % in einem Fehlerrahmen $\leq \pm$ 6 %
95 % in einem Fehlerrahmen $\leq \pm$ 8 %
98 % in einem Fehlerrahmen $\leq \pm$ 10 %

Hierbei halten sich die negativen und positiven Abweichungen der auf mehrere Forstbezirke verteilten Versuchsflächen etwa die Waage. Gliedert man die Flächen nach Altersstufen, so weisen erwartungsgemäß die Altbestände mit niedrigem Zuwachs- und Nutzungsprozent die kleinsten Fortschreibungsfehler auf.

Diese bemerkenswert guten Fortschreibungsergebnisse sind durch die im forstlichen Versuchswesen übliche sorgfältige Messung des bleibenden und ausscheidenden Bestandes bedingt. Der Vorrats- und Nutzungsfehler beträgt bei Versuchsflächenaufnahmen ca. ± 3 - 5 % und ist damit nur etwa halb so groß wie der entsprechende Fehler bei der Vollkluppung im Rahmen der Waldzustandserfassung. Dementsprechend liegen auch die für die Versuchsflächen theoretisch hergeleiteten mittleren Fehler (Eingangsgrößen = Fehleruntergrenzen der Forsteinrichtung: $m_I = \pm 5\,\%$, $m_N = \pm 10\,\%$, $m_Z = \pm 20\,\%$) noch über den tatsächlichen Abweichungen (Tabelle 3).

### 4.3. *Abschließende Fehlerbeurteilung*

Aufgrund der fehlertheoretischen Überlegungen und der empirischen Fehlerabschätzung über Vergleichsrechnungen mit Inventurdaten der Forsteinrichtung bzw. mit langfristig beobachteten Ver-

Tabelle 3
**Theoretischer mittlerer Fortschreibungsfehler der Versuchsflächen**

| Baumart | Zahl der Bestände | Fortschreibungszeitraum (Jahre) | |
|---|---|---|---|
| | | 10 | 15 |
| Fi/Ta | 15 | 7,4 | 9,2 |
| Kie | 9 | 6,6 | 8,0 |
| Bu | 18 | 7,2 | 8,9 |
| Fi | 30 | 6,2 | 7,5 |
| alle BA | 72 | 6,8 | 8,3 |

suchsflächenaufnahmen der Abt. Ertragskunde der bad.-württ. FVA läßt sich die Größe des mittleren Fortschreibungsfehlers gut eingabeln. Danach liegt für einen Fortschreibungszeitraum von 10 Jahren der mittlere Fortschreibungsfehler eines Bestandes (Abweichung des Schätzwertes vom wahren Wert des Endvorrats) um ± 1 - 3 / 2 % höher als der Fehler der Vollaufnahme des Anfangsvorrats. Der durchschnittliche Fortschreibungsfehler ist daher mit ± 6 - 11 / 8 % zu veranschlagen. Diese günstige Fehlereinschätzung trifft allerdings nur zu, sofern der Fehler des Anfangsvorrats zufälliger Natur ist und die übrigen in Abschnitt 3 genannten Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz der Vorratsfortschreibung voll erfüllt sind. Bei sonst gleichen Ausgangsbedingungen hinsichtlich der einzelnen Fehlerkomponenten haben Rein- und Mischbestände mit niederem Zuwachs- und Nutzungsprozent den kleinsten, solche mit hohem Zuwachs- und Nutzungsprozent den größten Fortschreibungsfehler. Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß bei einer Summierung der Vorräte fortgeschriebene Bestände entsprechend der Fehlertheorie der Gesamtvorrat mit einer höheren Genauigkeit garantiert werden kann als der Vorrat des Einzelbestandes.

Eine Abschätzung des Fortschreibungsfehlers bei systematischen Teilfehlern unterschiedlicher Größenordnung und unterschiedlichen Vorzeichen ist nur von Fall zu Fall möglich. Eine unter „Ertragstafelbedingungen" für Reinbestände der 5. und 6. Altersklasse abgeleitete Annäherungsformel zur überschlägigen Beurteilung des Fortschreibungsfehlers bei systematischen, gleichsinnigen Teilfehlern wird in Abschnitt 2 mitgeteilt.

## 5.0 Zusammenfassung

Die Entwicklung zweier Sonderprogramme zur partiellen Automatisierung der Fortschreibung (insbesondere der Vorratsfortschreibung) im Zuge der periodischen Forsteinrichtungserneuerung, gab den Anstoß, den Fragenkomplex des Fortschreibungsfehlers näher zu untersuchen. Ausgangspunkt der fehlertheoretischen Überlegungen waren die in das Programmpaket von 1967 eingebauten und über eine Parameterkarte wahlweise ansteuerbaren Näherungsformeln zur kalkulatorischen Abschätzung von mittlerem und maximalem Fortschreibungsfehler. Die Diskussion dieser auf einem vereinfachten Fortschreibungsmodell basierenden Fehlerformeln, läßt die wichtigsten Voraussetzungen für den sinnvollen Einsatz der Vorratsfortschreibung im Rahmen einer bestandesweisen Vorratsinventur erkennen.

Die theoretische Fehlerkalkulation wird durch eine auf empirischem Wege ermittelte Fehlereinschätzung ergänzt. Für diese Eingabelung des Fortschreibungsfehlers über praktische Kontrollmessungen standen außer Forsteinrichtungsdaten die Auswertungsergebnisse langfristig beobachteter Versuchsflächen zur Verfügung.

Als Ergebnis der fehlertheoretischen Überlegungen und der empirischen Fehlerabschätzung kann für einen Fortschreibungszeitraum von 10 Jahren der mittlere Fortschreibungsfehler eines Bestandes mit ± 6 - 11/8 % angesetzt werden; er liegt damit ± 1 - 3/2 % höher als der Fehler des Anfangsvorrats. Diese günstige Fehlereinschätzung trifft allerdings nur zu, sofern die Meßwerte der Vorinventur frei von systematischen Fehlern und die sonstigen Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz der Vorratsfortschreibung voll erfüllt sind.

### Summary

Title of the paper: *Errors of extrapolating growing stock in management planning.*

Two subroutines for the partial automation of extrapolating, especially growing stock volumes, in working plans revisions initiated an investigation of the errors of extrapolating. The investigation made use of a program package of 1967 to estimate mean and maximum errors of extrapolating. Discussion of the error formulars, based on a simplified extrapolation model, expounds the main principles for the use of volume extrapolation in a volume inventory by stands.

The theoretical error is replaced by an empirical error estimation. Approximations used check enumerations and permanent sample plot clata.

Error calculations and error ostimations showed for extrapolation period of 10 years that the mean error for a stand may ae ± 6 — 11/8 %. This is ± 1 — 3/2 % larger than the error of the initial volume. Such satisfactory result is only achieved if the data of the initial enumeration are free from bias and if all other conditions for the application of growing stock volume extrapolation are fully met.

### Résumé

Titre de l'article: *Erreurs lors des revisions periodiques des amenagements forestiers.*

Le développement de deux programmes spéciaux destinés à l'automatisation partielle des mises à jour des données, notamment de celles relatives au volume sur pied, effectuées lors des révisions périodiques d'aménagement, donna une impulsion nouvelle à une étude plus approfondie des erreurs dont ces mises à jour peuvent être entachées. — Le point de départ de l'étude théorique de ces erreurs est constitué par les formules approchées contenues dans les programmes de 1967, le choix entre les formules proposées se faisant avec une «carte de paramètre»; elles permettent une estimation des erreurs maximales et moyennes. Ces formules sont discutées sur un modèle simplifié de révision; on a pu ainsi dégager les principales hypothèses à retenir pour obtenir une révision valable du volume sur pied dans le cadre d'un inventaire du volume sur pied d'un peuplement.

En plus du calcul théorique, on a également calculé les erreurs par une méthode empirique; dans ce but on a utilisé non seulement les données des aménagements, mais aussi les résultats recueillis dans les parcelles d'expériences permanentes.

D'après les résultats de ces considérations théoriques et empiriques, l'erreur moyenne, pour une période de 10 ans, est comprise entre 6 et 11 % (moy = 8 %); elle est ainsi supérieure de 1 à 3 % (moy = 2 %) à celle commise au départ sur le volume sur pied. Ces estimations des erreurs ne sont cependant justes que si les données de l'inventaire initial ne sont pas entachées d'erreurs systématiques et que si les hypothèses requises pour la révision du volume sur pied sont réunies. J. M.

## 6. Literaturhinweise

1. Moosmayer, H. U., 1967: Die ertragskundliche Auswertung der Forsteinrichtungsgrundlagen. Mitt. d. Vereins f. Forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Nr. 7. — 2. Pfeilsticker, K., 1960: Vorratsfortschreibung. AFZ, Nr. 33. — 3. Prodan, M., 1959: Leistungskontrolle und Fortschreibung. AFZ, Nr. 11. — 4. Prodan, M., 1967: Holzvorratsinventuren bei der Forsteinrichtung. AFZ, Nr. 39. — 5. Schöpfer, W., Mikloss, J., Nagel, D., Nielsen, U., 1968: Fortschreibung in der Forsteinrichtung. AFZ, Nr. 34. — 6. Weidenbach, P.: Vorratsfortschreibung im Forstbezirk Urach. Briefl. Mitteilung vom 3. 5. 1968 an den Verfasser.

---

## NOTIZ

### Professor Gerhard Mitscherlich zum 60. Geburtstag

Am 21. April 1971 begeht Professor Dr. Gerhard Mitscherlich,
ein im In- und Ausland anerkannter Forstwissenschaftler,
ein führender Forscher, insbesondere auf dem Gebiet der forstlichen Ertragskunde,
ein mit der Hochschule und der Studentenschaft eng verbundener Lehrer
seinen 60. Geburtstag.

Mit Stolz und Genugtuung kann Mitscherlich an diesem Tag auf ein in Lehre und Forschung erfolgreiches Wirken zurückblicken.



Als Sproß einer bekannten Professorenfamilie wurde er 1911 in Königsberg/Ostpreußen geboren; die naturverbundene Schwere seiner Heimat hat er nie verleugnet. Fast selbstverständlich für Mitscherlich war es, daß er das forstliche Studium ergriff.

Schon vor dem zweiten Weltkrieg wurde er in jungen Jahren Assistent bei der vom Altmeister der Ertragskunde, Prof. Wiedemann, geleiteten Abteilung Ertragskunde der Preußischen Forstlichen Versuchsanstalt in Eberswalde. Hier arbeitete er — vom Kriegsdienst zeitweise unterbrochen und nach schwerer Verwundung — bis Kriegsende. Während seiner Assistentenzeit promovierte er 1939 an der Forstlichen Hochschule Eberswalde mit einer Arbeit über „Sortenertragstafeln für Kiefer, Buche und Eiche", die heute noch in Anwendung sind. Weitere Untersuchungen Mitscherlichs galten dem Problem der Formzahlen. Mit einer Arbeit über die Formzahlermittlung habilitierte er sich 1942 und wurde zum Dozenten an der Forstlichen Hochschule Eberswalde ernannt.

Neben ertragskundlichen und holzmeßkundlichen Untersuchungen befaßte sich Mitscherlich in seiner Eberswalder Zeit auch mit der systematischen Auswertung des preußischen Versuchsflächennetzes. Außerdem wurden Gebietsmonographien über die Forstämter Peisterwitz in Niederschlesien und Dietzhausen im Thüringer Wald und eine über ganz Europa gehende Darstellung des Wachstumsganges aller Hauptbaumarten in den verschiedenen Wuchsgebieten in Angriff genommen.

Nach dem Krieg war Mitscherlich zunächst in der forstlichen Praxis tätig und leitete das Forstamt Lutter / am Barenberg in Niedersachsen.

Bereits 1950 erfolgte seine Berufung auf den Lehrstuhl des früh verstorbenen Ertragskundlers Krenn und seine Ernennung zum Direktor des Instituts für forstliche Ertragskunde der Universität Freiburg. Nachdem er bereits Dekan der Naturwissenschaftlich-Mathematischen Fakultät war, wurde Mitscherlich 1963/64 zum Rektor der Universität gewählt und leitete in diesem akademischen Ehrenamt mit großem Erfolg ein Jahr lang die Universität.

Mit seiner Berufung nach Freiburg übernahm Mitscherlich gleichzeitig die Leitung der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt. Im Zuge der politischen Neuorganisation des süddeutschen Raums erfolgte 1958 auch eine Umgestaltung des forstlichen Versuchswesens durch die Bildung einer zentralen Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt. Dabei wurde die alte Badische Forstliche Versuchsanstalt mit den übrigen vier ertragskundlichen Forschungsstätten des aLndes zur Abteilung Ertragskunde zusammengefaßt und Mitscherlich deren wissenschaftliche Leitung übertragen.

Zu Mitscherlichs Lehr- und Forschungsgebiet gehört das gesamte Gebiet der Ertragskunde mit Verbindung zum Waldbau. In seinem neuen, nun süddeutschen Wirkungsbereich griff er mit großem Schwung das schwierigste und immer wieder wissenschaftlich faszinierende Problem des Plenterwaldes auf und veröffentlichte 1952 eine große Untersuchung über den Tannen-Fichten-Buchen-Plenterwald. Mit großer Intensität und gestützt auf das Versuchsflächennetz der Badischen Versuchsanstalt widmete sich Mitscherlich dann ertragskundlichen Problemen einzelner Baumarten und konnte darüber in weiteren größeren Arbeiten berichten, wie u. a. „Der Eichenbestand mit Buchen- und Tannen-Unterstand", „Untersuchungen über das Wachstum der Kiefer in Baden", „Die Roteichenversuchsflächen der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt". Seine Untersuchungen über „Das Wachstum der Fichte in Baden" erweiterte Mitscherlich auf der Grundlage eines ihm von fast allen europäischen Ländern in Ost und West zur Verfügung gestellten umfangreichen Materials zu der umfassenden Monographie „Das Wachstum der Fichte in Europa" (1963). Gerade mit dieser Arbeit stellte Mitscherlich deutlich heraus, wie wichtig die ökologischen Grundlagen für das Bestandeswachstum sind und welch große Kenntnislücken hier noch bestehen. Folgerichtig legte er daher in den folgenden Jahren den Schwerpunkt seiner ertragskundlichen Forschung auf bestandesökologische Problemstellungen. So wurde schließlich der Uhlberg bei Freiburg international bekannt. Hier versucht Mitscherlich mit modernsten Registrierverfahren verschiedene klimatische Faktoren im Rein- und Mischbestand zu erfassen. Während der Schwerpunkt dieser Untersuchungen im Douglasien-Reinbestand sowie in einem Kiefern-Laubholz-Mischbestand liegt, richtetete Mitscherlich eine zweite Versuchsstation in einem Lärchen-Buchen-Mischbestand bei Ettenheim ein.

Mit diesen Untersuchungen — ursprünglich auf die Fragestellung Witterung-Zuwachs ausgerichtet — wandte sich Mitscherlich in klarer Erkenntnis der bestehenden Notwendigkeit den in der heutigen Industriegesellschaft immer größere Bedeutung erlangenden Problemen Wald - Umwelt zu und steht damit mit seinen Forschungsarbeiten mitten in der Problematik unserer Zeit. Aus dem Erfordernis heraus, den Menschen unserer Industriegesellschaft rechtzeitig die Augen zu öffnen, welch vielfältige und existentielle Funktionen der Wald erfüllen kann und muß, ging Mitscherlich an die Herausgabe eines dreibändigen Werkes über „Wald, Wachstum und Umwelt", von dem der erste Band 1970 erschien und in der Fachwelt große Beachtung gefunden hat. In diesem Werk hat sich Mitscherlich der sehr schwierigen Aufgabe unterzogen, ertragskundliche und ökologische Fakten zu einer die Gesamterscheinung Wald berücksichtigenden Synthese zusammenzufügen. Es ist zu hoffen, daß der zweite und dritte Band bald folgen mögen.

Als ein besonderes Anliegen und Notwendigkeit betrachtet es Mitscherlich, den wissenschaftlichen Gedanken- und Meinungsaustausch, die Publikation wissenschaftlicher Erkenntnisse und Forschungsergebnisse zu fördern. In diesem Zusammenhang gestaltet er seit über einem Jahrzehnt als Schriftleiter die zusammen mit Prof. Schober herausgegebene „Allgemeine Forst- und Jagdzeitung" und gibt dieser seit über 140 Jahren erscheinenden forstlichen Fachzeitschrift ihr hohes wissenschaftliches Profil.

Bei aller wissenschaftlichen Arbeit findet Mitscherlich jedoch stets Zeit, um mit Kollegen und Studierenden persönlichen und fachlichen Kontakt zu pflegen.

Dem verehrten Jubilar wünschen seine Kollegen für das nächste Lebensjahrzehnt eine weiterhin erfolgreiche wissenschaftliche Forschungsarbeit und persönliches Wohlergehen. Mantel

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

# Treibjagd auf Fuchsschwänze



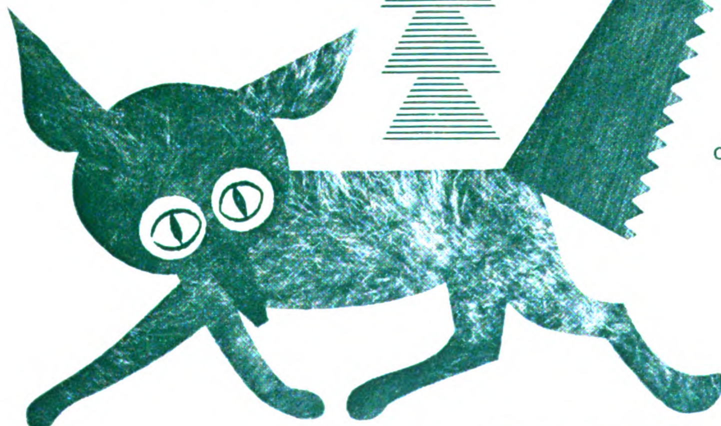


Keine Schonzeit mehr für Fuchsschwänze: Unrationelle Arbeitsmethoden sind im Wald nicht brauchbar. Wenn es gilt, Hochsitze zu bauen, Wildgatter zu errichten oder Zäune zu ziehen, dann nimmt man keine Handsäge mehr. Wozu gibt es Motorsägen wie die STIHL 030 AV?



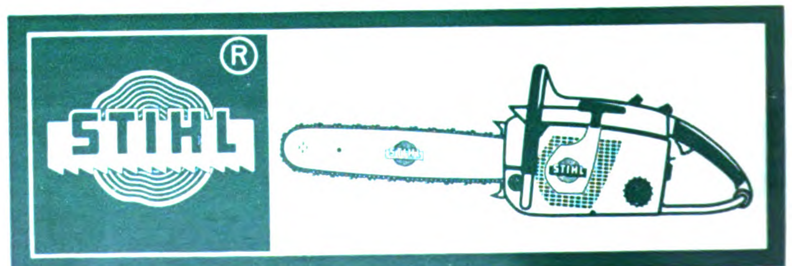
Die STIHL 030 AV (rund 3 DIN-PS stark, aber nur 6,4 kg schwer) wurde eigens für solche Arbeiten konstruiert, wie der Waidmann sie immer wieder tun muß. Eine Säge, mit der jeder, auch wenn er kein ausgebildeter Forstfachmann ist, ohne Schwierigkeiten zurechtkommt. Machen Sie mit bei der Treibjagd auf Fuchsschwänze! Gehen Sie mit der STIHL 030 AV in den Wald!

*(Sie gewinnen dabei auch viel mehr Zeit für Wichtigeres: Für Waidwerk und Pirsch).*





STIHL Motorsägen
705 Waiblingen



D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG






INHALTSVERZEICHNIS



142. JAHRGANG 1971 HEFT 5 MAI

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE
FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

Dr. G. Mitscherlich
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

Dr. R. Schober
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 64 24 Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 5 des 142. Jahrganges sind:

Prof. Dr. K. Hasel, Institut für Forstpolitik, 34 Göttingen, Büsgenweg 5

Dipl.-Forstwirt H. Kenneweg, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Prof. Dr. Karl Günter Kern, Forstamt 6832 Edenkoben, Weinstr. 29

Prof. Dr. W. Moll, Valdivia/Chile, Casilla 567

Prof. Dr. Dr. G. Wellenstein, Forstzoolog. Institut, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17



Die Buchbesprechungen erfolgten von:

Prof. Dr. R. Ganssen, Institut für Bodenkunde, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Prof. Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Übersetzungen
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Die Forstschutzstelle Südwest*)

## 25 Jahre Forstschutz in Südwestdeutschland

(Mit 4 Abbildungen und 4 Tabellen)

Von G. Wellenstein

### I. Vorgeschichte

Schon immer mußte Deutschland einen Teil seines großen Holzbedarfs durch Einfuhr aus dem Ausland decken. Der unglückliche Ausgang des zweiten Weltkrieges hat das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage weiter verschlechtert: 1937 kamen auf 100 Reichsdeutsche 19,04 ha, 1950 auf 100 Einwohner der Bundesrepublik Deutschland nur noch 13,90 ha Wald. Dabei ist zu beachten, daß der Verlust an Holzbodenfläche hauptsächlich zu Lasten hochwertiger Kiefern- und Fichtenbestände ging. Die uns verbliebenen Forsten aber wurden zunächst durch Reparationen der Siegermächte und Brennholzversorgung der notleidenden Bevölkerung, dann durch den Wiederaufbau über jedes erträgliche Maß beansprucht. Hinzu kam eine alle Nadelwälder Mitteleuropas bedrohende Borkenkäfervermehrung, die stellenweise schon 1944 ganze Bestände vernichtet hatte und das Schlimmste befürchten ließ, zumal es überall an Forstbeamten und in der damaligen französischen Besatzungszone auch an Waldarbeitern fehlte. Diese Situation klar erkennend berief der damalige Chef der Forstverwaltung Württemberg-Hohenzollern, Forstdirektor M. Maier, im Februar 1946 den Berichterstatter zu sich und übertrug ihm die Leitung der Käferbekämpfung.

Der Sonderbeauftragte kontrollierte zunächst allein die Entwicklung der Schädlingsplage und die von ihm angeordneten Gegenmaßnahmen. Als sich zeigte, daß bei dem Umfang der Kalamität die Gefahr von dem örtlichen Forstpersonal vielerorts nicht abgewendet werden konnte, wurde aus der Beratung eine bewegliche Bekämpfungsorganisation; zu ihr gehörten drei Beamte des höheren, drei des gehobenen Forstdienstes sowie ein Büroangestellter. Hinzu kam in den Hauptschadgebieten der Einsatz mehrerer Foststudenten und zahlreicher Forstanwärter.

Die Bekämpfung wurde großräumig geplant und zum Teil gegen den Widerstand der Waldbesitzer durchgeführt. Insektengifte traten immer mehr an die Stelle des zeitraubenden Entrindens (Kalkarsen-Spritzmittel) oder des Verbrennens der Rinde (HCH-Staub). In dieser kritischen Zeit wurde der Grund zu jenem engen Kontakt zwischen den Forstschutzspezialisten und der Praxis gelegt, der auch heute noch für Südwestdeutschland kennzeichnend ist. Ein 1948 fertiggestellter Kultur- und Lehrfilm hat sich bei der Aufklärung über die Käfergefahr sehr bewährt. Rückblickend läßt sich sagen, daß es trotz organisatorischer und personeller Schwierigkeiten gelungen ist, eine weitere Ausdehnung der Käferplage zu verhindern und viele hundert Hektar Nadelholzbestände vor sicherer Vernichtung zu bewahren. Diese im einzelnen zu belegende Tatsache wird im großen bestätigt durch den Vergleich des damaligen Käferholz-Anfalls in Südwürttemberg-Hohenzollern mit jenem der mitteldeutschen Länder (siehe Tabelle 1).

Die Witterung der Frühjahre 1946, 1947, 1949, besonders die ungewöhnliche Hitze und Trockenheit des Sommers 1947, begünstigten auch die Massenvermehrung anderer Forstinsekten: Auf den vielen, oft großen Aufforstungsflächen wurden *Hylobius abietis* und wurzelbrütende Bastkäfer *(Hylastes cunicularius)* zum Problem, im alten Schadrevier Schwetzingen mußten über 300 ha Kiefernbaumhölzer gegen die Spinnerraupe *(Dendrolimus pini)* geleimt werden; auf der Schwäbischen Alb hatte sich der sonst relativ seltene Buchen-Prachtkäfer *(Agrilus viridis)* zu einer bestandesgefährdenden Plage entwickelt. In Nordwürttemberg folgte der Kupferstecher *(Ips chalcographus)* dem Buchdrucker *(Ips typographus)* und verursachte besonders auf trockenen Standorten erhebliche Bestandesverluste. Ein weiteres Warnzeichen war die Massenvermehrung des Waldmaikäfers *(Melolontha hippocastani)* in den durch Bomben aufgerissenen Kiefernbeständen des Rhein-Main-Gebietes. Die neu entwickelten Insektizide — vor allem DDT, HCH und P-Ester — mußten in Dosierung und Applikation erprobt und in die Praxis eingeführt werden. Die gleichen Sorgen hatten die Landesforstverwaltungen von Südbaden, Nordbaden und Rheinland-Pfalz; sie erbaten deshalb von der Forstdirektion Tübingen die Beratung durch den Sonderbeauftragten. Diese Situation veranlaßte Forstdirektor Maier, sein fliegendes Forstschutz-Kommando fest zu etablieren und mit der Überwachung und Bekämpfung **aller** Waldschädlinge zu betrauen, zumal auch andere südwestdeutsche Forstverwaltungen diese Absicht unterstützten.

Tabelle 1

| Anfall an Käferholz in fm | | |
|---|---|---|
| im Forstwirtschaftsjahr | in Südwürttemberg-Hohenzollern | in Mitteldeutschland |
| 1945 - 1947 | 1.360.000 | 1.340.000 |
| 1948 - 1949 | 480.000 | 3.712.000 |

### II. Die Forstschutzstelle Südwest als Beratungs- und Zweckforschungs-Institut

Das seit Ende des Krieges leerstehende Dienstgebäude der Forstamtsaußenstelle Ringingen, Kreis Ehingen/Donau, wurde dem Sonderbeauftragten als Arbeits- und Wohnort zugewiesen. Nach seinen Plänen entstand auf den Fundamenten des zerfallenen Pferdestalls ein schmuckes Institutsgebäude, das neben einem großen Laboratorium zwei Arbeits- und zwei Gästezimmer, eine Dunkelkammer, einen Werk- und Geräteraum sowie einen Gift-Keller enthielt. Drei weitere Arbeitszimmer lagen im Hauptgebäude (Abb. 1). Im August 1949 zog ein im wesentlichen neuer Mitarbeiterstab nach Ringingen. Unter Leitung des Berichterstatters arbeiteten ein Biologe, ein wissenschaftlicher Hilfsassistent, zwei Revierförster, ein Techniker und eine Sekretärin. Im Andenken an sein früheres Institut (die Forstschutzstelle Ost, Forstamt Breitenheide, Reg.-Bez. Allenstein), das sich ebenfalls aus einem Sonderauftrag entwickelt hatte, gab der Leiter der neuen Institution den Namen **„Forstschutzstelle Südwest"**. Diese spezialisierte Forstdienststelle war aus den besonderen Verhältnissen der Nachkriegsjahre geboren und für Süddeutschland etwas Neues; sie sollte ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse unmittelbar in die Praxis übertragen. Hierzu bot sich in den folgenden Jahren reichlich Gelegenheit.

Zunächst konnte der Praxis die Sorge um eine neue Käferkalamität genommen werden. Der Buchenprachtkäfer *(Agrilus viridis)* ließ sich mit Fangbäumen leicht niederhalten. Nur wo auf extremen Standorten sekundäre Weißfäule das Holz zu entwerten drohte, mußte man die Käferbuchen schnell einschlagen. Auf Anforderung der Landesforstverwaltung von Nordrhein-Westfalen bereiste der Sachbearbeiter das dortige Schadgebiet zu einem Erfahrungsaustausch (1952). Im gleichen Jahr wurde der Dienststellenleiter von der Forstabteilung der Landwirtschaftskammer in Bonn und vom Regierungsforstamt Speyer gebeten, bei der Begiftung des Wald-

* Herrn Forstpräsident i. R. Max Maier in Dankbarkeit gewidmet.



(Abb. 1)

maikäfers im Kiefernrevier Kaldenkirchen bzw. im Bienwald (Südpfalz) mitzuwirken. Aber auch in Baden-Württemberg hatten sich beide Maikäfer-Arten derartig stark vermehrt, daß der Land- und Forstwirtschaft Millionenschäden drohten. Um das Eindringen des **Feld**maikäfers *(Melolontha melolontha)* in die aufgerissenen Wälder zu verhüten, beteiligte sich die Forstschutzstelle Südwest 1953 bei Reutlingen und 1954 auf der Zollernalb an der vom Landespflanzenschutzamt vorgesehenen Bekämpfung. Hierbei bewies die Forstschutzstelle, daß der Maikäferstamm nur durch eine straff geleitete, lückenlose Aktion mit einer Begiftung aller befallenen Wälder (nicht nur der Ränder!) vom Hubschrauber aus auf lange Sicht ausgeschaltet werden kann; sie zeigte ferner die Überlegenheit der Begiftung aus der Luft — in hygienischer und wirtschaftlicher Hinsicht — gegenüber erdgebundenen Stäube-, Spritz-, Sprüh- und Nebelgeräten durch einen Leistungsvergleich unter verschiedenen Arbeitsbedingungen. 1955 und 1956 wurden auch die alten Schadgebiete des **Wald**maikäfers bei Speyer und in Nordbaden durch eine sorgfältig vorbereitete Flächenbehandlung mit sehr geringem Giftaufwand vom Starrflugzeug aus entseucht. Seitdem hat sich die Flugbegiftung beider Maikäferarten als Bekämpfungsverfahren überall durchgesetzt.

Daneben liefen Versuche zur Verbesserung der Bekämpfung von Nutzholzkäfern der Gattungen *Xyloterus, Platypus* (1950/54) und Pappelschädlingen (1951/53). Während die Entwicklungsarbeiten im erstgenannten Falle keine Fortschritte brachten, lieferten sie in der vorbeugenden Besprühung der Pappelkulturen mit DDT ein hochwirksames Verfahren, das die zu 80 % befallenen Pappelkulturen schlagartig sanierte (1955). Das Jahr 1954 brachte erfolgreiche Bekämpfungsaktionen gegen den Fichtenrindenwickler *(Laspeyresia pactolana)* in Oberschwaben und den Buchenrotschwanz *(Dasychira pudibunda)* im Pfälzer Wald.

Auf besonderen Wunsch von Forstdirektor MAIER widmete sich der Dienststellenleiter seit 1952 der Verhütung von Wildschäden, die mit dem schnellen Anstieg der Wilddichte namentlich in den heranwachsenden Kulturen immer fühlbarer wurden. Vordringlich waren Richtlinien für die einheitliche Herstellung dauerhafter, stabiler Wildzäune und Empfehlungen weniger, billiger und zuverlässiger Einzelschutz-Verfahren. Die erstgenannte Aufgabe lösten die Waldarbeiterschulen Itzelberg und Hinterlangenbach, die zweite wurde zum wichtigsten Arbeitsschwerpunkt der Forstschutzstelle Südwest. Bereits 1954 veröffentlichte sie eine kleine Liste erprobter Methoden („Neue Forstschutzrezepte") und überraschte die Praxis mit der Produktion und Auslieferung von über 70.000 kg eines neuartigen Universalstreichmittels gegen Verbiß- und Schälschäden (RS 10) zum Selbstherstellungspreis von nur 0,50 DM je kg [1]).

Im Hinblick auf die geplante Konzentration des forstlichen Versuchswesens nahe der Universitätsstadt Freiburg i. Br. wurde 1955 die Forstschutzstelle Südwest nach Wittental verlegt und 1957 der **Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt** angegliedert.

Dadurch rückten neue Arbeitsprobleme in den Blickpunkt: Die im warmen Trockengebiet der Oberrhein-Ebene auf großen Flächen angelegten reinen Kiefernkulturen und auch die kleineren Fichtenbestände leiden unter chronischem Befall durch Kieferntriebwickler (besonders *Rhyacionia buoliana*) bzw. Fichtenblattwespe *(Lygaeonematus abietum)*. Auch die in der westlichen Vorbergzone des Schwarzwaldes außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes vorkommende Weißtanne wird seit Jahrzehnten durch Gradationen des Wicklers *Choristoneura murinana* und seiner Folgeinsekten (Borkenkäfer, Holzwespen) bedroht. In Werteichenbeständen des Rheintales hat der häufige Kahlfraß durch Raupen des grünen Eichenwicklers *(Tortrix viridana)* und seiner Schadgesellschaft (Frostspanner-, Eulen- und Blattwespen-Larven) recht unerwünschte Auswirkungen.

Um Mißbildungen, Zuwachseinbußen, schlimmstenfalls den Verlust ganzer Bestände zu verhüten, ist eine dauernde Überwachung und rechtzeitige Bekämpfung der genannten Insekten erforderlich. Bisher haben sich hierbei nur die persistenten, breit wirkenden DDT-Präparate als erfolgreich erwiesen. Ihr Einsatz in unmittelbarer Nähe des Rheines und in den bienenreichen Tannenhonig-Gebieten des Schwarzwaldes verlangt aus hygienischen Gründen größte Vorsichtsmaßnahmen. Versuche der Forstschutzstelle, diese gefährlichen Gifte durch spezifische Krankheitserreger (insektenpathogene Bazillen und Viren) zu ersetzen, sind beim Eichen- und Tannenwickler positiv verlaufen. Die kleine Fichtenblattwespe wird durch künstlich angesiedelte Waldameisen *(Formica polyctena)* und eine starke Stickstoffdüngung dezimiert. Trotz Vereinfachung und Verbilligung des Pflanzenschutzes gegen den Großen braunen Rüsselkäfer *(Hylobius abietis)* gelang es bis heute nicht, diesen hartnäckigen Kulturverderber auszuschalten. Dagegen sind die Wildschäden durch starken hegerischen Abschuß, aber auch durch richtige Fütterung und planmäßige Anwendung erfolgreich geprüfter Einzelschutz-Verfahren geringer geworden. Zu nennen ist hier die Entwicklung und Erprobung des billigen Hausmittels „B 10", eines neuen Rinden-Punktierrollers und die Wiedereinführung des altbewährten Hobelns und Kratzens der Zukunftsstämme. Auch die wissenschaftliche Begründung für den Rückgang des Schälschadens bei hohem Saftfutter-Angebot ist in Wittental erarbeitet worden.

[1]) Das Mittel ist heute unter der Bezeichnung RVS im Handel.

Außer durch Engerlinge, Rüsselkäfer und Wild sind die Forstkulturen durch Mäusefraß stark bedroht. Auf über 100 Probeflächen untersucht die Forstschutzstelle alljährlich den Besatz an verschiedenen schädlichen Nagern. Durch ein Merkblatt und eine Wanderschulung der Forstbeamten des Betreuungsgebietes wurden moderne Methoden der Überwachung und Bekämpfung der schädlichen Mäuse in die forstliche Praxis eingeführt.

Neben den Aufgaben, die der Abwendung akuter Waldschäden gelten („Feuerlösch-Kommando"), muß sich das Institut auch mit langfristigen Untersuchungen befassen. Hierher gehören zum Beispiel Studien über den örtlichen Massenwechsel forstschädlicher Mäuse, über die Breitenwirkung chemischer Präparate auf die Waldlebensgemeinschaft, die Entwicklung und Erprobung ungefährlicher Bekämpfungsverfahren (arsenfreie Fraßgifte, Versprühen von Krankheitserregern der Schadinsekten, Ansiedlung von Waldameisen und Kleinvögeln in Raupenfraßgebieten, Versuche, mit dem Rotorwind tief fliegender Hubschrauber den Schnee von den Bäumen zu schütteln).

In zahlreichen Veröffentlichungen wurden die Arbeitsergebnisse bekannt gemacht. Ohne Berücksichtigung der 16 Beiträge zum Buch „Die große Borkenkäfer-Kalamität in Südwestdeutschland 1944 - 51" und ohne die Broschüren „Deutsches Forstschutz-Taschenbuch" (1954), „Räuber, Jäger und Schmarotzer" (1954) sind 275 Publikationen erschienen (vgl. Tabelle 2).

Nach der Berufung des Berichterstatters auf den Lehrstuhl für Forstzoologie und Forstschutz an der Universität Freiburg (1960)

Tabelle 2
**Zahl der Veröffentlichungen des Sonderkommandos „Borkenkäferbekämpfung" und der Forstschutzstelle Südwest**

| | wissenschaftl. Arbeiten | Kleinere Aufsätze | Merkblätter, Filme und Arbeitshinweise | zusammen | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1946 | — | 1 | 1 | 2 | 14 |
| 1947 | — | 1 | — | 1 | |
| 1948 | 3 | — | 1 | 4 | |
| 1949 | 3 | 1 | 3 | 7 | |
| 1950 | 9 | 5 | 1 | 15 | 58 |
| 1951 | 6 | 6 | 2 | 14 | |
| 1952 | 5 | 7 | — | 12 | |
| 1953 | 4 | 11 | 2 | 17 | |
| 1954 | 12 | 10 | 3 | 25 | 51 |
| 1955 | 2 | 3 | 1 | 6 | |
| 1956 | 7 | — | — | 7 | |
| 1957 | 7 | 4 | 2 | 13 | |
| 1958 | 10 | 5 | 1 | 16 | 53 |
| 1959 | 12 | 10 | 1 | 23 | |
| 1960 | 4 | 3 | 2 | 9 | |
| 1961 | 1 | 3 | 1 | 5 | |
| 1962 | 6 | 3 | 3 | 12 | 52 |
| 1963 | 2 | 2 | 6 | 10 | |
| 1964 | 7 | 5 | 9 | 21 | |
| 1965 | 2 | 4 | 3 | 9 | |
| 1966 | 3 | 4 | — | 7 | 47 |
| 1967 | 2 | 6 | 3 | 11 | |
| 1968 | 2 | 6 | 2 | 10 | |
| 1969 | 3 | 3 | 3 | 9 | |
| 1970 | 5 | 4 | 1 | 10 | |
| zusammen | 117*) | 107 | 51 | 275 | |

*) davon 6 Dissertationen

übernahm Oberforstrat Dr. J. Büttner, nach dessen frühem Tod (1967) Forstdirektor Dr. E. König die Leitung der Forstschutzstelle Südwest. Entsprechend den Richtlinien der Bad.-Württ. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt blieb der Berichterstatter wissenschaftlicher Berater seiner vorgenannten langjährigen Mitarbeiter. Mit dem Forstzoologischen Institut der Universität besteht ein enger Erfahrungsaustausch und eine klare Arbeitsteilung zwischen Grundlagen- und Zweckforschung. Auch außerhalb der Bad.-Württ. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt pflegt die Forstschutzstelle Südwest fruchtbare Kontakte mit den Instituten gleicher Fachrichtung. Trotz der vielseitigen, oft drängenden Aufträge ist der Personalstand des Instituts relativ klein geblieben. Außer dem Dienststellenleiter gehören heute zum Institut: 1 Forstrat, 1 wissenschaftlicher Angestellter, 1 Forstoberamtmann, 1 Techn. Assistent, 2 Bekämpfungstechniker, 1 Sekretärin und 6 technische Hilfskräfte. Nur in den Jahren 1953 - 1955 war es mit Hilfe des Bundes und der Deutschen Forschungsgemeinschaft möglich, zeitweise 5 Forstassessoren, einen Zoologen und 3 Revierförster zu beschäftigen.

Die laufenden, heute aber stark gekürzten Bundeszuschüsse werden zur Mitfinanzierung überregionaler Aufgaben verwendet, wobei die amtliche Prüfung von Forstschutzmitteln und -geräten nach den Richtlinien der Biologischen Bundesanstalt eine wesentliche Rolle spielt.

Die Beratungstätigkeit auf dem Sektor des Forstschutzes wurde inzwischen auf die Nachbarländer Rheinland-Pfalz und Saarland ausgedehnt, die sich an der Finanzierung der Dienststelle durch jährliche Pauschalbeträge entsprechend beteiligen. Das Betreuungsgebiet der Forstschutzstelle Südwest erstreckt sich somit über 3 Bundesländer und umfaßt eine Waldfläche von ca. 2 Millionen ha. In der Zeit von 1963 bis 1970 wurden im Jahresdurchschnitt 180 örtliche Beratungen sowie 160 technische Forstschutzeinsätze und Lehrveranstaltungen durchgeführt, außerdem viele Vorträge und Referate vor forstlichen Praktikern gehalten. Der jährliche Schriftverkehr der Dienststelle umfaßt durchschnittlich 2000 Ein- und Ausgänge. In den letzten 5 Jahren sind auf einer Gesamtfläche von 6.147 ha chemische Großaktionen mit Flugzeugen gegen verschiedene Forstschädlinge ausgeführt worden.

Das repäsentative Dienstgebäude in Wittental (s. Abb. 2) mit seinen zwei Gewächshäusern, einem Insektarium, Garagen, Gift- und Gerätelager sowie einigen kleinen Versuchsparzellen bietet gute Arbeitsmöglichkeiten. Die innere Ausstattung entspricht einem Feld-Laboratorium. Zwei Dienstkraftfahrzeuge mit Anhänger sind für die ständigen Außeneinsätze unentbehrlich.

Zum festen Arbeitsprogramm der Forstschutzstelle Südwest gehören im wesentlichen folgende Aufgaben:

1. Vorbereitung und Durchführung chemischer und biologischer Bekämpfungsmaßnahmen auf Großflächen.
2. Schriftliche und örtliche Beratung der forstlichen Praxis in allen Fragen des Forstschutzes gegen Tiere („Landdoktorpraxis").
3. Forstschädlingsüberwachung (Befallserhebungen, Probegrabungen, Untersuchung und Auswertung von eingesammeltem Material) in Schadrevieren des gesamten Betreuungsgebietes.
4. Auswertung der Schädlingsberichte und -kontrollen, jährliche Erstellung einer Forstschädlingsprognose.
5. Enge Zusammenarbeit mit den Forstschutzreferenten der Ministerien und Mittelbehörden.
6. Prüfung neuer Forstschutzpräparate und -geräte.
7. Zweckgebundene Forschung im Laboratorium und auf Versuchsflächen im Walde.
8. Verarbeitung und Bekanntgabe fremder und eigener Erfahrungen in Berichten, Aufsätzen, Arbeitsanweisungen, Merkblättern, Pressenotizen, Rundfunksendungen und Referaten auf Dienstbesprechungen und Lehrgängen.



Abb. 2

Die Chefs der Landesforstverwaltungen und Forstdirektionen unterstützen die Arbeiten des Instituts durch zeitweilige Entsendung von Forstassessoren, Forstreferendaren und Forstanwärtern des gehobenen Dienstes. Auch 11 Ausländer (2 polnische Forstbeamte, 1 Canadier, 1 Chile-Deutscher, 2 Äthiopier, 2 Türken, 1 Jugoslawe, 1 Malaysier, 1 Tunesier) arbeiteten viele Monate an der Forstschutzstelle Südwest. Tabelle 3 zeigt den Umfang der in 20 Jahren geleisteten Ausbildungsarbeit; sie wird ergänzt durch praxisnahe Vorlesungen und Vorträge an der Universität bzw. den Forstschulen und durch Sonderlehrgänge. Ziel dieser Bemühungen ist nicht nur die Heranbildung einer Anzahl tüchtiger Spezialisten, die im Hinblick auf größere Schädlingsplagen unentbehrlich sind, sondern die Schaffung eines engen, persönlichen Kontaktes zwischen der Praxis und der Forstschutzstelle als sicherste Grundlage für eine vertrauensvolle Zusammenarbeit. In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, daß der Dienststellenleiter sein Fachgebiet im forstlichen Staatsexamen Baden-Württembergs prüft.

Von den 93 Forstbeamten, Zoologen, Studenten und Forstschülern haben sich 5 für forstwissenschaftliche Fachgebiete bzw. Pflanzenschutz habilitiert, 10 fanden eine feste Anstellung an angewandt-wissenschaftlichen Instituten, 5 in der Pflanzenschutz-Industrie. Alle anderen verwerten ihre im Forstschutz gesammelten Erfahrungen als Praktiker im Walde.

**Tabelle 3**
**Übersicht über die Mitarbeiter des Beauftragten für die Borkenkäferbekämpfung (1946 - 1949) und der Forstschutzstelle Südwest (1949 - 1970)**

| | 1946 - 49 | 1949 - 70 |
|---|---|---|
| Forstbeamte | | |
| des höheren Dienstes | 4 | 25 |
| des gehobenen Dienstes | 3 | 7 |
| Forststudenten | 5 | 3 |
| Forstschüler | 23 | 9 |
| Zoologen | — | 8 |
| Biologie-Studenten | 2 | 4 |
| andere Hilfskräfte | 3 | 21 |
| Zusammen | 40 | 77 |

### III. Der Forstschutz in Baden-Württemberg seit 1953

Seit dem Erlöschen der großen Insektenplagen sind beträchtliche Bestandesverluste und Geldeinbußen in erster Linie durch Stürme, aber auch durch Schnee und Rauhreif entstanden. Fünfmal überstiegen die Schadholzmassen im Staatswald das langjährige Mittel von 30,6 % des ordentlichen Hiebssatzes (1955,

**Die Schadholzanfälle im Staats- u. Körperschaftswald des Landes Baden-Württemberg**

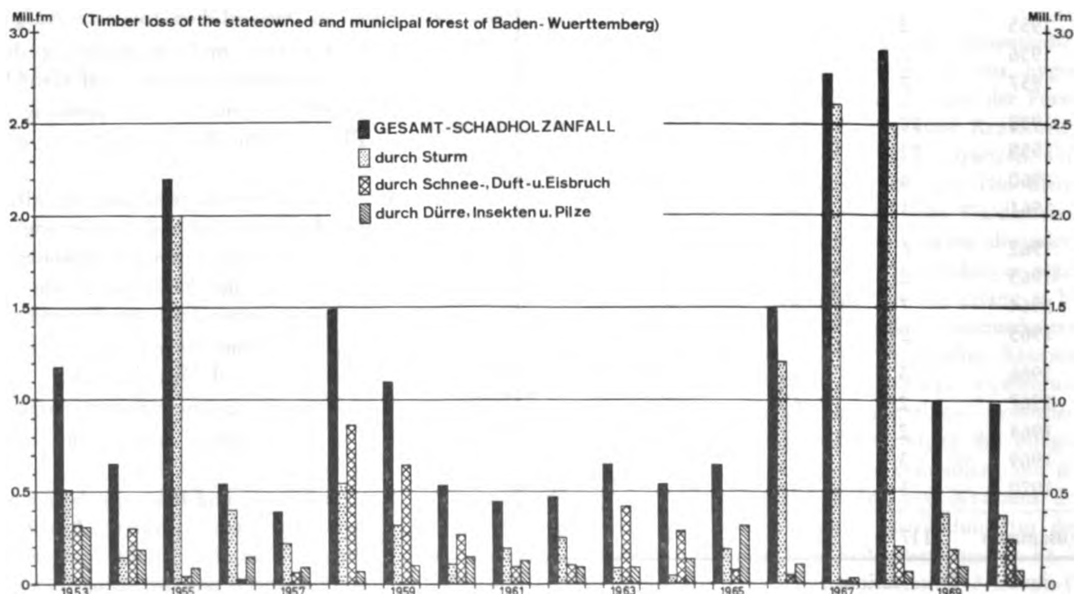



Abb. 3

1958, 1966, 1967, 1968). Besonders in den letztgenannten zwei Jahren wirkten sich Winter- und Gewitterstürme verheerend aus (vgl. Abb. 3). Auch die Wälder der Eifel wurden von einer Sturmkatastrophe heimgesucht (1961). Waldbrände verursachten nur in den Jahren 1953, 1956 und 1959 merkliche Schäden, blieben aber mit einer Brandfläche von 22,3 ha im Jahr unbedeutend; im Staatswald geht die Brandgefahr laufend zurück (vgl. Tab. 4). Dasselbe gilt für die durch Dürre, Insekten und Pilze entstandenen Holzverluste, wenn man einschränkend auch sagen muß, daß die Abgänge in Kämpen, Kulturen und Dickungen, sowie Zuwachs- und Qualitätsverluste im Schadholzanfall nicht erfaßt sind.

Mit 78 % steht die Wildschadensverhütung an der Spitze aller Forstschutz-Ausgaben; erst mit weitem Abstand folgen die Aufwendungen zur Vermeidung von Schäden, die durch Insekten und Pilze entstehen. An diesen ist allerdings die Pilzbekämpfung nur mit 14 % beteiligt, ein bemerkenswerter Hinweis auf das Fehlen wirksamer Abwehrmaßnahmen gegen *Fomes annosus*, Hallimasch und Rostpilze. Die seit 1964 überhöhten Kosten erklären sich aus dem intensiven chemischen Schutz der im Walde monatelang lagernden Sturmholzmassen gegen Nutzholzkäfer (vgl. Abb. 4 und Tab. 4). Die übrigen Ausgaben halten sich in bescheidenem Rahmen. Es ist allerdings die Frage berechtigt, ob man die steigenden Ausgaben für Ameisenhege und Vogelschutz nicht durch eine Beschränkung auf die insektengefährdeten Kiefernwälder in der Oberrheinebene reduzieren sollte. Auch in der Wildschadensverhütung sind die Einsparungsmöglichkeiten noch nicht voll genutzt.

Für alle Maßnahmen und Empfehlungen war die Forderung nach größter Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit entscheidend; im Rahmen des Möglichen wurden auch Gesichtspunkte der Landschaftshygiene beachtet. Es läßt sich nachweisen, daß die Forstschutzstelle Südwest Werte gerettet und Ausgaben eingespart hat, die ihren Etat weit übersteigen:

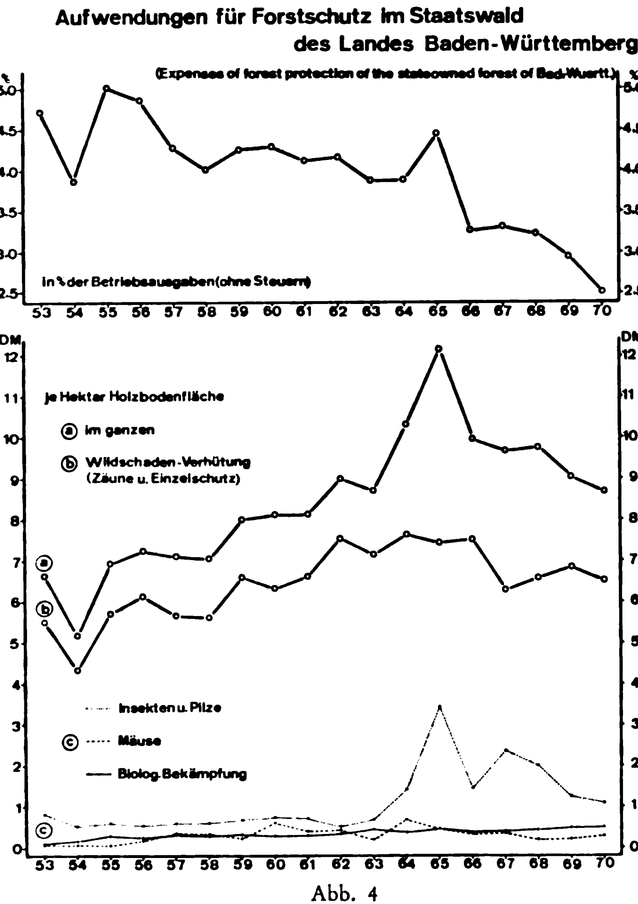


Abb. 4

Tabelle 4
**Schäden und Aufwendungen für Forstschutz im Staatswald des Landes Baden-Württemberg (je Jahr)**
(Quelle: Forststatistische Jahrbücher)

| | 1953-58 | 1959-64 | 1965-70 | 1953-70 |
|---|---|---|---|---|
| Holzbodenfläche in ha | 292,503 | 293,361 | 296,121 | 293,995 |
| Schadholz-Anfall Efm o. R. je ha | 1,78 | 0,99 | 2,37 | 1,71 |
| in % des Hiebssatzes | 33,5 | 18,1 | 40,2 | 30,6 |
| Zahl der Brände | 49 | 58 | 28 | 45 |
| Brandfläche je Jahr in ha | 26,7 | 26,4 | 13,9 | 22,3 |
| Gesamt-Aufwendungen für den Forstschutz in % aller Betriebsausgaben (ohne Steuern) | 4,5 | 4,1 | 3,4 | 4,0 |
| Arbeitslöhne für den Forstschutz in % aller Löhne | 4,1 | 4,6 | 5,4 | 4,7 |
| Sozialaufwand je produktiver Arbeitsstunde in DM | 0,54 | 1,26 | 3,33 | 1,71 |
| **Anteilige Kosten in Prozent aller Forstschutz-Ausgaben** | | | | |
| für Wildschadensverhütung | | | | |
| durch Zaunbau | 48,2 | 42,0 | 36,6 | 42,2 |
| durch andere Maßnahmen (Einzelschutz) | 34,1 | 38,3 | 33,4 | 35,3 |
| für Bekämpfung nicht jagdbarer Tiere (Mäuse) | 2,6 | 4,8 | 3,1 | 3,5 |
| für biologische Bekämpfung (Ameisenhege u. Vogelschutz) | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 4,0 |
| für Bekämpfung von Insekten u. Pilzen | 9,2 | 8,8 | 19,0 | 12,3 |
| für Geräte, Frost- u. Waldbrandverhütung bzw. -bekämpfung | 2,4 | 2,2 | 3,5 | 2,7 |

Die gesamten Betriebsausgaben — ohne Steuern — sind im Staatswald Baden-Württemberg von durchschn. 42,1 Millionen DM (1953/56) auf durchschn. 91,5 Millionen DM (1967/70), also um 111,5 % angewachsen, der reine Arbeitsverdienst je Stunde um das 3,1fache, die Soziallasten sogar um das 8,2fache, die Ausgaben für Forstschutz jedoch nur um 44,3 %; sie zeigen, bezogen auf die gesamten Betriebskosten eine fallende Tendenz. Der Erfolg der Bemühungen um eine Rationalisierung der früher sehr arbeitsintensiven Forstschutzmaßnahmen ist also offensichtlich (vgl. Abb. 4 und Tab. 4).

Wachsende Größe der Forstbezirke und fortschreitende Intensivierung der Betriebe werden immer mehr zum Einsatz von Verfahren zwingen, die Zeit und Arbeitskraft sparen. Fortschritte in der Technik werden also auch in Zukunft von der Forstschutzstelle erwartet. Daneben aber sollte sie ihre wichtigste Aufgabe darin sehen, durch enge Zusammenarbeit mit den zuständigen Referenten, Inspektionsbeamten und Amtsvorständen auf die Begründung standortgerechter, krisenfester Waldbestände hinzuwirken. Viele teuere und biologisch bedenkliche Gifteinsätze werden sich dann erübrigen!

### Zusammenfassung

Die Forstschutzstelle Südwest hat sich aus dem Forstschutzkommando entwickelt, das von der Forstdirektion Tübingen 1946 zur Bekämpfung der großen Borkenkäferplage in Südwestdeutschland gebildet worden war. Mit der Begründung der Bad. Württ. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt wurde auch die Forstschutzstelle Südwest dieser Institution als Abteilung eingegliedert und von Ringingen bei Ulm/Do nach Wittental bei Freiburg/Br. verlegt.

Dem praxisorientierten Institut obliegt in erster Linie die Beratung des Waldbesitzes der Bundesländer Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Saarland in allen Fragen des Forstschutzes gegen Tiere. Die Überwachung der gefährlichsten Forstschädlinge, die amtliche Prüfung der Forstschutzmittel und die Vorbereitung größerer Bekämpfungsmaßnahmen sowie ihre Durchführung gehören ebenfalls zum Aufgabenbereich des Institutes. Hinzu kommt zweckgebundene Forschung im Laboratorium und auf Versuchsflächen im Walde, sowie die Aus- und Weiterbildung der Forstbeamten auf diesem Spezialgebiet. Die in den vergangenen 25 Jahren geleistete Arbeit wird an Beispielen gezeigt. Während früher der Schwerpunkt eindeutig auf dem Gebiet der Insektenbekämpfung lag, haben sich die Gewichte inzwischen verschoben. Anlaß hierzu waren die mit der Wiederaufforstung der großen Kahlflächen entstehenden neuen Probleme, besonders die wachsenden Wildschäden, deren Verhütung zuerst über 82 % des gesamten Forstschutzaufwands beanspruchte. Durch Verbesserung der Verfahren, namentlich durch Normung der Kulturzäune gelang es, die Kosten zu senken. Auch die Wilddichte ist heute — wenigstens im Staatswald — auf ein tragbares Maß reduziert. Die Mäusegefahr ist größer als die Ausgaben zu ihrer Abwendung vermuten lassen; sie liegen unter den Beträgen, die für biologische Bekämpfung verwendet werden. In der Regel verursachen Stürme, Schnee und Rauhreif die sichtbarsten Zerstörungen und Werteinbußen. Allein im Staats- und Körperschaftswald Baden-Württembergs wurden seit 1967 nahezu 7,9 Millionen fm Holz geworfen und gebrochen. Dank der straffen Forstschutzorganisation konnte eine drohende Vermehrung gefährlicher Käfer und Pilze verhindert werden. Die durch zwei graphische Darstellungen ergänzten Tabellen zeigen die Holzverluste und den Kostenaufwand für Forstschutz. Von 1953/56 bis 1967/70 sind die gesamten Betriebskosten im Staatswald Baden-Württembergs um 111,5 %, die Aufwendungen für Forstschutz aber nur um 44,3 % gestiegen, obwohl sich in der gleichen Zeitspanne die Löhne um das 3,1fache, die Soziallasten sogar um das 8,2fache erhöht haben. Die Einführung arbeitssparender Verfahren war also erfolgreich. Die Forstschutzstelle Südwest hat hieran maßgeblichen Anteil.


### Summary

The „Forstschutzstelle Südwest" (forest-protection service of southwest Germany) has evolved from a special institution, established in 1946 in order to control a large bark beetle outbreak in southwest Germany. The service operates in the three provinces of Baden-Württemberg, Rheinland-Palatinate and the Saar. The prime purpose of the protective service is a practical one: To advice the federal forest service, als well as municipal and private owners of forest-land, on all important questions concerning protection of trees against damage by animals. Among the services rendered are: (1) Observation for the purpose of controlling the most dangerous forest insects, (2) Official testing of new pesticides, (3) Planning and supervision of control programs, (4) Applied research in the field and in the laboratory, (5) Education and training of foresters. Examples of the various activities during the last 25 years are given in the text.

Initially insect-control programs were predominant. Recently, however, other problems have become preeminent. Most important of these is the damage caused by deer and by mice following the reforestation of cutover areas. It has been possible to reduce the high cost of protective measures (82 percent of the entire forest-protection budget) through improved methods, such as the standardization of fences. Also, the deer population has been reduced to an acceptable density, at least in the federal forests. The damage done by mice is greater than one would think on the bases of cost of control programs. Usually storm, snow, and rime are responsible for the most obvious destruction and depreciation of the forests. As a result of strict enforcement of the forest protection program, a threatened increase of harmful beetles and fungi could be prevented.

Two graphs and tables show the amount of timber lost and the cost of forest protection from 1953 through 1970. In 1953/56 until 1967/70 the total operating cost of the stateowned forests of Baden-Württemberg rose 111,5 % while the expenditure for forest protection went up only 44,3 %. In that same periode, the wages rose more than three times, and the cost of fringe benefits increased more than eight times. Therefore, the introduction of labour-saving methods was sucessful. The „Forstschutzstelle Südwest" played an important role in this effort.



### Résumé

Titre de l'article: *25 années de protection des forêts dans le Sud-Ouest de l'Allemagne.*

Le service de la protection des forêts du Sud-Ouest de l'Allemagne s'est développé à partir du „Commando" de protection qui avait été formé en 1946 par la Direction des Forêts de Tübingen pour combattre la grave attaque de bostryches qui sévissait alors dans cette région. Lors de la création de l'Institut de Recherches et Expériences Forestières du Bade-Wurtemberg, le service de la protection fut intégré à cet organisme et transféré de Ringingen près l'Ulm à Wittental près de Fribourg en Brisgau.

L'Institut, orienté vers la pratique, a pour première tâche de conseiller les propriétaires forestiers des «Land» de Bade-Wurtemberg, de Rhénanie-Palatinat et de Sarre sur toutes les questions de protection des forêts contre les animaux. La surveillance des parasites forestiers les plus dangereux, les essais officiels des mesures de protection des forêts, la préparation des moyens de lutte les plus importants et leur mise en oeuvre entrent également dans les cadre des missions de l'Institut.

A celles-ci s'ajoutent encore les recherches liées à ces objectifs, au laboratoire et dans les parcelles expérimentales en forêt, ainsi que la formation et le perfectionnement des agents forestiers dans cette spécialité. Des exemples montrent le travail accompli au cours des 25 dernières années. Si la lutte contre les insectes était autrefois incontestablement au centre des préoccupations, la question a depuis évolué. Cela est du aux problèmes nouveaux qui sont nés des reboisements de grandes surfaces dénudées, notamment de l'importance croissante des dégâts dus au gibier; plus de 82 % de l'ensemble des moyens de protection des forêts ont du à l'origine être consacrés à ce problème. Grâce au perfectionnement des procédés, et notamment à la standardisation des clôtures, les coûts ont pu être réduits; en outre aujourd'hui la densité du gibier est très supportable, du moins dans les forêts des Etats. Le danger représenté par les souris est plus important que ce qu'on peut imaginer d'après les sommes consacrées à leur élimination, sommes inférieures au coût de la lutte biologique. En général les tempêtes, la neige, le givre provoquent des dévastations les plus visibles et causent des pertes importantes. Dans les seules forêts de l'Etat et des collectivités du Bade-Wurtemberg, les chablis et les bris de bois représentent, depuis 1967, 7,9 millions de $m^3$ environ. Une profifération dangereuse d'insectes ou de champignons peut être évitée grâce à la stricte organisation de la protection des forêts. Des tableaux, complétés par deux graphiques, montrent quelles sont les pertes de bois et les dépenses occasionnées à la protection des forêts.

De 1953 - 56 à 1967 - 70, l'ensemble des frais de gestion des forêts dominales du Bade-Wurtemberg ont augmenté de 111,5 % et les moyens consacrés à la protection des forêts de 44,3 % seulement; au cours de cette période les salaires ont été multipliés par 3,1 et les charges sociales par 8,2. L'introduction de méthodes exigeant moins de main d'oeuvre était donc particulièrement intéressantes. Le service de la protection des forêts du Sud-Ouest de l'Allemagne a joué un rôle important dans ce domaine.

# Zur Düngung von Kiefern-Buchen-Kulturen

(Die vorläufige Auswirkung verschiedener Düngerkombinationen auf das Wachstum einer stark verbissenen, verheideten Kultur im Hauptbuntsandsteingebiet des Pfälzerwaldes).

(Aus den Instituten für Forstliche Ertragskunde und Bodenkunde der Universität Freiburg i. Br.)

(Mit 4 Abbildungen und 8 Tabellen)

Von K. G. KERN und W. MOLL

**Inhalt:**



## 1. Einleitung

Kiefern-Buchen (Ki-Bu)-Kulturen, insbesondere soweit sie zur Wertholznachzucht vorgesehen sind, sollten möglichst geschlossen hochwachsen; einmal im Hinblick auf die natürliche Astreinigung und zum zweiten mit Rücksicht auf die bestmögliche Standraumausnutzung. Oder anders ausgedrückt, um einen höchstmöglichen Volum- und Wertzuwachs zu erreichen.

Dies gelingt aber auf den für die Ki vorgesehenen sonn- und windseitigen Lagen des Haardtrandes trotz mitunter umfangreicher, und damit teurer Nachbesserungen nur selten. Man muß das wohl als Folge der früher intensiv geübten Streunutzung und der daraus resultierenden Bodendegradation ansehen, die an manchen Waldorten noch durch starken Wildverbiß verschärft wird. So hat der Rotwildbestand im Forstamt Edenkoben im Laufe der letzten Jahre stark zugenommen. Während 1956 noch 0,6 Stück pro 100 ha gezählt wurden, waren es 1962 bereits 1 Stück und 1969 gar 1,5 Stück pro 100 ha Waldfläche. Dieses Ansteigen des Wildstandes führte bei den ungünstigen Äsungsverhältnissen zu einer spürbaren Zunahme der Verbißschäden. Davon sind auch Ki-Bu-Kulturen betroffen, die in der Nähe bevorzugter Rotwildeinstände liegen und zum Teil so stark zurückgebissen sind, daß sie im Kampf gegen Heide und Beerkraut zu unterliegen drohen. Das Ergebnis sind dann besonders lückige, verbuschte Kiefern-Jungwüchse, die einen Großteil ihrer Buchen-Beimischung verloren haben, und zur Starkholzzucht i. d. R. ungeeignet sind. Da die Jagden verpachtet sind, ist der Einfluß des Forstamtes auf die Reduzierung des Wildstandes nur gering. Wir müssen daher nach anderen, betriebswirtschaftlich vertretbaren Mitteln suchen, um das Ausmaß der Schäden so gering wie möglich zu halten.

Dieser Frage wollen wir an Hand eines typischen Beispiels im Stadtwald Edenkoben nachgehen.

Eine 1962 begründete, von damals 5- bis 12jährigen Ki-(Bu-) Dickungen umgebene Ki-Bu-Kultur in der Abt. II 8 b¹ Kohlplatz war bis zum Frühjahr 1965 so stark verbissen und von Heide und Beerkraut bedrängt, daß der zu diesem Zeitpunkt ausscheidende frühere Forstamtsleiter auf Grund seiner langjährigen Erfahrungen zur Rettung der Kultur folgende Maßnahmen empfahl:

Nachbessern mit 4 Tsd. Ki (2/0) und 1 Tsd. Bu (1/2) pro ha nach partiellem Aufhacken der Riefen zwecks Entheidung, wegen der gefährdeten Lage hinter rotwildsicherem Zaun. Die Hektarkosten für dieses Vorgehen hätten incl. Zäunung ca. 2300,— DM betragen und damit den nochmaligen Einsatz von rd. 2/3 der ursprünglichen Anlagekosten der Kultur bedeutet.

Im Hinblick darauf, daß es sich hierbei nicht um einen Einzelfall handelte, erschien es sinnvoll, nach finanziell günstigeren, aber dabei nicht weniger wirksamen Abhilfemaßnahmen zu suchen. So versprach u. U. eine mit Zäunung gekoppelte entsprechende mineralische Düngung:

- Rasches Herauswachsen der verbissenen Kiefern aus der gefährdeten bodennahen Zone;
- besondere Förderung der noch verbliebenen Bu-Beimischung und damit
- Rettung der Kultur mit möglicherweise geringerem finanziellen Aufwand. Außerdem
- allmähliche Beseitigung der durch frühere Streunutzung bewirkten Bodendegradation sowie
- eine Verbesserung der natürlichen Äsungsverhältnisse für das Wild (mit der Möglichkeit, dadurch die Verbißschäden künftig niedriger zu halten).

Wie aber sollte die „entsprechende mineralische Düngung" beschaffen sein?

Dies suchten wir mit Hilfe des nachstehend geschilderten Versuches zu klären, der gleichzeitig auch allgemeine Hinweise auf die Auswirkungen bestimmter Düngemittel auf das Wachstum von Ki und Bu unter den gegebenen standörtlichen Verhältnissen geben kann.

Die Stadt Edenkoben hat die benötigte Waldfläche zur Verfügung gestellt, die Forstliche Beratungsstelle der BASF den Versuch finanziert. Oberförster SCHALL und Oberförster GRÜNENWALD oblagen die Anlage und Betreuung der Flächen; die Herren EDINGER, FISCHER, GIENANDT, HAYNA und LANG halfen bei den umfangreichen Aufmessungs- und Auswertungsarbeiten. Frau GÖZE beaufsichtigte die Laborarbeiten, Frau SCHREMPP fertigte die Zeichnungen und Herr J. LANG erledigte die umfangreichen Schreibarbeiten.

Ihnen allen wollen wir an dieser Stelle auf das herzlichste danken.

## 2. Beschreibung des Versuchs II 8 b¹ Kohlplatz.

### 2.1. *Standortsverhältnisse*

Der Versuch liegt im Stadtwald Edenkoben, am Ostrand des Pfälzer Waldes in der sog. Vorderhaardt, in einer Höhenlage zwischen 450 und 500 m. Geologisch befinden wir uns hier im Gebiet des Hauptbuntsandsteins (Trifels- und Rehbergschichten) und treffen dort ein Klima an, das durch eine mittlere Jahrestemperatur von 8 - 9 °C und einen mittleren Jahresniederschlag von etwa 600 - 700 mm (davon 50 - 60 % in der Vegetationszeit) gekennzeichnet ist.

Die Exposition ist WNW, die Inklination ca. 18 °.

Bis in die 40er Jahre unseres Jahrhunderts wurde in diesem Gebiet z. T. intensive Streunutzung getrieben. Der Bodentyp ist eine Podsol-Braunerde, die Bodenart anlehmiger bis lehmiger Sand. Die insbesondere aus Heide und Heidelbeere zusammengesetzte Bodenflora tritt in scharfe Konkurrenz mit den Kulturpflanzen.

Als Ergebnis der vor der Versuchsanlage durchgeführten Bodenuntersuchung ist festzuhalten: Der Boden ist wasserdurchlässig und sorptionsschwach. In der Tiefenstufe 0 - 10 cm ist die organische Substanz (28 %) als Rohhumus (C : N = 34) angereichert. Die Prüfung auf Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe (1 % Zitronen-

säureextraktion) ergab nach den z. Z. gebräuchlichen Richtwerten (Knickmann 1955, Gussone 1964, Baule u. Fricker 1967) ein nicht ausreichendes Angebot an Phosphor, jedoch ausreichende Extraktionsraten für Kalium und Magnesium. Kalzium ist in den Humushorizonten in für die Pflanzenernährung ausreichender Menge konzentriert, das Angebot in den Mineralbodenhorizonten ist gering. Zur Verhinderung der Rohhumusbildung und zur Abpufferung organischer Säuren sind die Kalziumvorräte jedoch insgesamt nicht ausreichend.

Die nicht unmittelbar verfügbaren Nährstoffreserven (3 % HCl-Extraktion) sind bei Phosphor, Magnesium und Kalium ausreichend, bei Kalzium im Unterboden gering und im Oberboden durch Akkumulation ausreichend.

In einem an die Versuchsfläche angrenzenden, über 100j. Kiefernbestand wurden, ebenfalls 1965, nadelanalytische Untersuchungen durchgeführt. Bei herrschenden Bäumen wurden bei sehr geringer Streuung folgende Nährelementkonzentrationen ermittelt:

*Durchschnittliche Nährelementkonzentrationen in % Trockensubstanz* N = 1,4; P = 0,10; K = 0,54; Ca = 0,35, Mg = 0,10; Mn = 0,03; Fe = 0,07; Al = 0,02 %. Entsprechend den gebräuchlichen Richtwerten für Kiefern (Krauss 1962, Wehrmann 1963, Zöttl 1964, Gussone 1964, Baule u. Fricker 1967) war die Versorgung mit Stickstoff und Phosphor nicht ausreichend, bei Kalium, Kalzium, Magnesium und Spurenelementen lag sie hingegen außerhalb des Mangelbereichs.

Boden- und Nadelanalysen weisen demnach in erster Linie auf akuten N- und P-Mangel hin (vgl. dazu auch Kern, Lanz, Moll 1970 und Kern, Moll 1970).

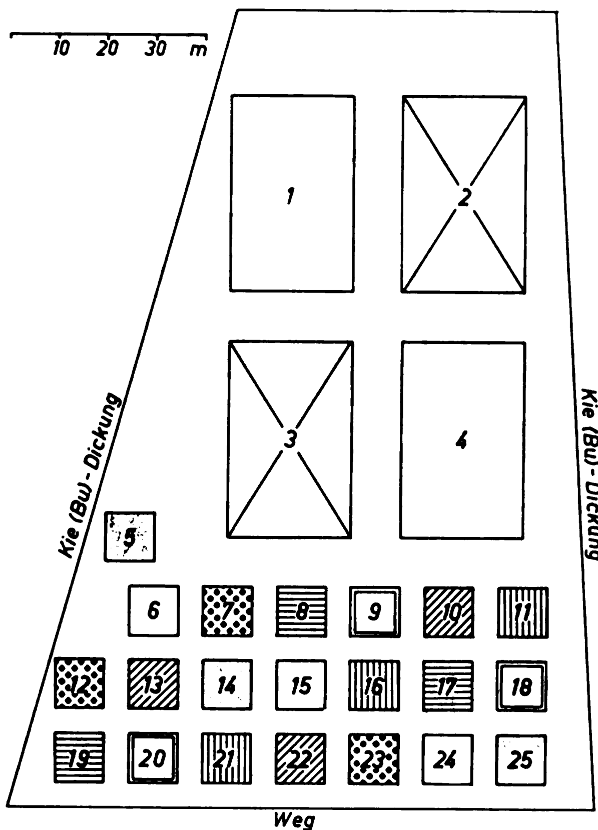



Abb. 1
*Lageplan*

| Versuch | Behandlung *) | Parzellen-Nr. |
|---|---|---|
| 1 a | ungedüngt | 1, 4 |
| | $N_{Har}PK$ | 2, 3 |
| 1 b | ungedüngt | 6, 15, 24 |
| | K | 9, 18, 20 |
| | P | 5, 14, 25 |
| 1 c | $N_{Mg}P$ | 11, 16, 21 |
| | $N_{KAS}P$ | 8, 17, 19 |
| 1 d | 1 (NPK) + P | 7, 12, 23 |
| | 2 (NPK) + P | 10, 13, 22 |

*) vgl. Tab. 1

### 2.2. *Versuchsanlage*

Die Kultur war 1962 nach riefenweiser Bodenvorbereitung mit Pfälzer Höhenkiefern 1/0 im Verband von etwa 1,3 x 0,33 m mit einem Bu-Anteil (1/2) von ca. 15 % begründet worden. Infolge besonders starken Verbisses befand sie sich — wie einleitend erwähnt — in sehr schlechtem Zustand und drohte von Heide und Beerkraut überwachsen zu werden.

In diese Kultur wurden 1965 — nach rotwildsicherer Zäunung — 4 Parzellen von 0,10 ha Größe und 21 „Testparzellen" von 0,01 ha gelegt, die jeweils durch unbehandelte Randstreifen von mindestens 5 m Breite getrennt sind (Lageplan in Abb. 1).

*Versuch 1a*

In den Parzellen 1 - 4 sollte die Auswirkung einer Volldüngung (ca. 185 kg N, 280 kg $P_2O_5$, 140 kg $K_2O$) im Vergleich mit unbehandelten 0-Flächen geprüft werden, und zwar im einmal wiederholten Versuch.

Darüber hinaus wollten wir mit 1 ar umfassenden Kleinparzellen — 2 mal wiederholt — folgende Fragen für Ki-Bu-Kulturen unter den gegebenen standörtlichen Verhältnissen klären:

*Versuch 1b*

- Wie wirkt eine reine K-Düngung mittlerer Stärke (140 kg $K_2O$)?

Der Kiefer wird ein großer Kalibedarf nachgesagt (z. B. Brüning 1959, Baule-Fricker 1967), und es erschien sinnvoll, den Einfluß einer K-Düngung auch unter unseren standörtlichen Verhältnissen zu überprüfen.

- Wie ist die Wirkung einer hohen P-Düngung (280 kg $P_2O_5$)?

Diese P-Gabe liegt zwar höher als die entsprechenden Empfehlungen des Düngeausschusses der Forstl. Forschungsanstalten mit ca. 200 kg $P_2O_5$ (Hausser et al. 1969). Da jedoch davon ausgegangen werden kann, daß Hyperphos eine langsamfließende P-Quelle ist, wählten wir bei dem festgestellten akuten P-Mangel eine etwas höhere Gabe, zumal Überdüngungseffekte bei diesem Nährstoff nicht zu befürchten sind.

Mit der Düngung von 280 kg $P_2O_5$ in Form von Hyperphos war gleichzeitig eine Zufuhr von ca. 150 kg $CaCO_3$ gekoppelt. Diese Menge erschien uns einerseits ausreichend, um das Bodenmilieu soweit abzupuffern, daß die P-Gaben nicht in größerem Umfang — in nicht pflanzenverfügbarer Form — festgelegt wurden, und andererseits so begrenzt, daß die Mineralisation des Humuskörpers nicht zu sehr forciert wurde.

Auf das Testen reiner N-Gaben haben wir in diesem Versuch verzichtet und hier — im Anhalt an die Ergebnisse der Boden- und Nadelanalysen — den erfahrungsgemäß nachhaltiger wirkenden NP-Kombinationen den Vorzug gegeben (vgl. dazu auch Ulrich 1968).

*Versuch 1c*

Wie wirkt eine der Grunddüngung mit 280 kg $P_2O_5$ und 150 kg $CaCO_3$ (Hyperphos) folgende Kopfdüngung mit

- ca. 100 kg N als Stickstoffmagnesia?
- ca. 100 kg N als Kalkammonsalpeter?

} (N-Formenversuch)

*Versuch 1d*

Wie wirkt eine der Grunddüngung mit 280 kg $P_2O_5$ und 150 kg $CaCO_3$ (Hyperphos) folgende Kopfdüngung mit

- ca. 60 kg N + 60 kg $P_2O_5$ + 85 kg $K_2O$ als Nitrophoska-blau-extra
- ca. 120 kg N + 120 kg $P_2O_5$ + 170 kg $K_2O$ als Nitrophoska-blau-extra? (Steigerungsversuch)?

Die aufgrund dieser Fragen und Überlegungen durchgeführten Düngungsmaßnahmen und ihre Kosten sind aus Tab. 1 ersichtlich.

**Tabelle 1**
**Düngergaben und Kosten**

| Vers. | Düngemittel | Abk. *) | Menge dz | kg Reinnährstoff / ha N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | CaO | MgO | Zeitpunkt der Ausbringung Monat/Jahr | Parzellen Nr. | Größe ha | Kosten der Düngung / ha Sachk. DM | Lohnkosten incl. Soz.-Lasten DM | Sa. DM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 a | unbehandelt (0-Flächen) | | | | | | | | | 1, 4 | 0,10 | — | — | — |
| | Hyperphos | P | 10,0 | — | 280 | — | 80 | — | V/65 | | | 160 | 45 | |
| | + Patentkali | K | 5,0 | — | — | 140 | — | 50 | V/65 | 2, 3 | 0,10 | + 70 | 30 | = 483 |
| | + Harnstoff | $N_{Har}$ | 2,0 | } 185 | — | — | — | — | VI/65 | | | | | |
| | + Harnstoff | | 2,0 | | | | | | VI/67 | | | +154 | 24 | |
| 1 b | unbehandelt (0-Flächen) | | | | | | | | | 6, 15, 24 | 0,01 | — | — | — |
| | Patentkali | K | 5,0 | — | — | 140 | — | 50 | V/65 | 9, 18, 20 | 0,01 | 70 | 30 | 100 |
| | Hyperphos | P | 10,0 | — | 280 | — | 80 | — | V/65 | 5, 14, 25 | 0,01 | 160 | 45 | 205 |
| 1 c | Hyperphos | P | 10,0 | — | 280 | — | 80 | — | V/65 | | | 160 | 45 | = 321 |
| | + Stickstoff-magnesia | $N_{Mg}$ | 5,0 | 100 | — | — | — | 40 | VI/65 | | | + 86 | 30 | |
| | Hyperphos | P | 10,0 | — | 280 | — | 80 | — | V/65 | 11, 16, 21 | 0,01 | 160 | 45 | |
| | Kalkammon-salpeter | $N_{KAS}$ | 2,0 | } 115 | — | — | 90 | — | VI/65 | 8, 17, 19 | 0,01 | + 99 | 30 | = 334 |
| | Kalkammon-salpeter | | 3,0 | | | | | | VI/67 | | | | | |
| 1 d | Hyperphos | P | 10,0 | — | 280 | — | 80 | — | V/65 | 7, 12, 23 | 0,01 | 160 | 45 | |
| | + Nitrophoska blau extra | 1 (NPK) | 2,0 | } 60 | 60 | 85 | — | 10 | VI/65 | | | +127 | 30 | = 362 |
| | + Nitrophoska blau extra | | 3,0 | | | | | | VI/67 | | | | | |
| | Hyperphos | P | 10,0 | — | 280 | — | 80 | — | V/65 | | | 160 | 45 | |
| | + Nitrophoska blau extra | 2 (NPK) | 4,0 | } 120 | 120 | 170 | — | 20 | VI/65 | 10, 13, 22 | 0,01 | +253 | 60 | = 518 |
| | + Nitrophoska blau extra | | 6,0 | | | | | | VI/67 | | | | | |

*) nach Hausser et al. (1969)

Zugrundegelegt sind dabei die Düngemittelpreise von 1968 (1. Lieferabschnitt Juli — November) ohne Umsatzsteuer. Bei der (breitflächigen) Ausbringung wurde folgender Zeitbedarf pro dz unterstellt:

P- und K-Dünger = ca. 45 Minuten
gekörnter N-Dünger = ca. 60 Minuten.

Die Kosten pro Stunde incl. 70 % Soziallasten sind mit DM 6,— angenommen.

Sämtliche Düngemittel wurden durch zuverlässige und erfahrene Waldarbeiter unter Aufsicht des Bezirksbeamten von Hand ausgestreut.

## 3. Die Auswirkung der verschiedenen Düngerkombinationen

### 3.1. *Methoden zur Ermittlung des Düngeerfolges*

#### 3.11. *Bodenanalysen*

Vor Anlage der Kultur war von den vorgesehenen Pflanzreihen die Rohhumusauflage (Tiefenstufe 0 - 10 cm) abgezogen und zwischen den Pflanzreihen (Riefen) zu Balken aufgehäuft worden. Im Herbst 1968 wurden von den 0-Parzellen Nr. 1, 4, 6 und 24, den Düngungsparzellen $N_{Har}$ PK Nr. 2 und 3, $N_{KAS}$ P Nr. 8 und 19, 1 (NPK) + P Nr. 7 und 23 sowie 2 (NPK) + P Nr. 10 und 22 je eine Mischprobe (Tiefenstufe 0 - 15 cm) der Balkenreihe und der Pflanzreihe entnommen und in gleicher Weise wie der Boden vor der Versuchsanlage analysiert. Leider war es aus technischen Gründen bisher nicht möglich, die Bodenuntersuchungen auch auf die übrigen (weniger erfolgreichen) Düngevarianten auszudehnen.

#### 3.12. *Nadelanalysen*

Von allen Parzellen wurden Ende Oktober 1968 Nadelmischproben des 1. Wirtels entnommen und die Gewichte, Volumina, der Gehalt an Kernnährstoffen sowie Mn, Fe und Al bestimmt.

#### 3.13. *Ertragskundliche Daten (Methodik der Aufnahme und Auswertung)*

Der sicherste Erfolgsnachweis der Düngemaßnahmen ist — analog den landwirtschaftlichen Versuchen — über die erzeugte ober- und evtl. unterirdische organische Substanz möglich. Da deren Bestimmung aber mit einem im gegenwärtigen Zeitpunkt unvertretbar hohen Arbeitsaufwand verbunden gewesen wäre, begnügten wir uns zunächst mit der Ermittlung von Indexwerten, die gewisse Schlüsse auf die Masse der erzeugten organischen Substanz ermöglichen. Dies sind insbesondere die Gesamthöhe (auf cm genau erfaßt) und ein Durchmesserwert, der Auswirkungen der Düngung während der gesamten Düngezeit anzeigen kann, ohne mit davon unbeeinflußten „Vorleistungen" belastet zu sein. Hier bot sich für die Kiefer der mittlere Durchmesser des Höhentriebes im ersten Düngejahr (1965) an, der mittels einer Mauser-

Schublehre auf 1/10 mm genau ermittelt wurde. Für die Buche, bei der eine nachträgliche Fixierung der Jahreshöhentriebe Schwierigkeiten bereitet, wurde statt dessen der Durchmesser ca. 1 cm über der Bodenoberfläche gewählt.

Die nur 1 ar großen Parzellen (Vers. 1 b - d) wurden vollständig vermessen; von den 10 ar großen Parzellen des Versuchs 1a wurden ca. 200 Exemplare erfaßt, die entsprechend den Ergebnissen von GUSSONE (1963) nicht durch riefenweise Aufmessung sondern durch Aufnahme 1/2 - 1 ar großer, geschlossener, über das Gesamtareal möglichst gleichmäßig verteilter Flächenausschnitte gewonnen wurden. (Notwendige Stichprobenzahl bei einem Variationskoeffizienten von 30 %, einem tolerierten Fehler und einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von jeweils 5 % = rd. 150).

Um einen Anhalt für das oberirdische Sproßvolumen zu gewinnen, wurde — ähnlich wie bei KERN-MOLL (1970) — ein Indexwert aus dem Produkt $d^2 x h$ für die einzelnen Behandlungen errechnet.

Zur Abschätzung der Düngewirkung in ihrem zeitlichen Ablauf erschien es sinnvoll, auch die einzelnen Jahreshöhentriebe seit Beginn der Maßnahme zu erfassen. Diese Messung erfolgte auf 0,5 cm genau.

Da auch die Frage der unterschiedlichen Ästigkeit gedüngter und ungedüngter Kulturen bei Ki eine nicht unerhebliche Rolle spielt, wurden vergleichende Messungen in den beiden vollgedüngten und den zugehörigen 0-Parzellen des Vers. 1a durchgeführt. Dabei haben wir von den 1965 - 68 gebildeten Astquirlen jeweils die 3 stärksten Äste erfaßt und ihre Durchmesser auf 0,1 mm genau mit der Mauser-Schieblehre unmittelbar am Stämmchen gemessen, und zwar an 100 Bäumchen, verteilt auf 6 Riefen in jeder Fläche.

Die statistische Absicherung bzw. Überprüfung der durch arithmetische Mittelbildung gefundenen Kennwerte erfolgte im Anhalt an die von LINDER (1960), PRODAN (1961), W. SCHMIDT (1961) und E. WEBER (1961) mitgeteilten Verfahren, wobei allerdings in Anbetracht der Vorläufigkeit der Ergebnisse nur relativ arbeitsextensive Tests herangezogen wurden.

### 3.2. *Ergebnisse der Bodenanalysen*

Die im Herbst 1968 bei den 4 erfolgreichsten Düngevarianten durchgeführten Bodenanalysen brachten die in Tab. 2 — als Mittelwerte der Wiederholungen — angeführten Ergebnisse. Wir können daraus entnehmen:

a) die organische Substanz in den Balken ist bei den gedüngten Parzellen in jedem Falle geringer als in den unbehandelten 0-Flächen, d. h. die vier in Tab. 2 aufgeführten Düngemaßnahmen haben auch den Rohhumusabbau gefördert. Am deutlichsten tritt dies bei der $N_{Har}$-PK-Gabe in Erscheinung, bei der sich allerdings das C : N-Verhältnis gegenüber 0 — im Gegensatz zu den übrigen erfaßten Varianten — nicht verengt hat. Die $P_H$-Werte haben sich durch die hier untersuchten Düngemaßnahmen in jedem Falle etwas erhöht, und zwar sowohl in den Balken als auch in den Riefen.

b) Bei den pflanzenverfügbaren Nährstoffen (Zitronensäureauszug) zeigen sich gewisse Unterschiede zwischen den 4 Düngevarianten.

Während nämlich bei der einfachen und doppelten (NPK) + P-Gabe Ca, Mg, K und P in Riefen und Balken gegenüber ungedüngt deutlich erhöht sind, trifft dies bei $N_{Har}$ PK nur für Ca, Mg und P zu; bei der $N_{KAS}$P-Düngung ist eine geringfügige K-Erhöhung nur in den Riefen, ein schwacher P-Anstieg nur in den Balken feststellbar.

c) Bei den Nährstoffreserven (HCl-Auszug) findet sich für alle 4 hier untersuchten Düngerkombinationen in den Pflanzreihen (Riefen) eine gegenüber unbehandelt ± deutliche Erhöhung an Ca, Mg, K und P.

In den Balken ist dies hingegen nur bei 2 (NPK) + P der Fall. So fehlt beispielsweise der $N_{KAS}$P-Düngung in den Balken die Mg-Erhöhung, während bei den beiden übrigen Varianten — verglichen mit den 0-Flächen — teilweise sogar eine Verminderung der Nährstoffreserven festgestellt werden kann, nämlich

in den 1 (NPK) + P-Parzellen bei Ca und Mg und
in den $N_{Har}$PK-Parzellen sogar bei Ca, Mg und K.

Ob diese Unterschiede als typisch und permanent angesehen werden können, wird sich allerdings erst später erweisen.

### 3.3 *Ergebnisse der Nadelanalysen*

Die im Herbst 1968 von allen Parzellen entnommenen Nadelproben zeigten bei gleicher Düngebehandlung im allg. nur unwesentliche Differenzen. Bedingt durch die unterschiedliche Lage der Wiederholungen am Hang traten zwar gewisse Unterschiede im Konzentrationsniveau auf. Davon waren aber — bei der gewählten Versuchsanlage — alle Varianten in gleicher Weise betroffen, so daß die Analysendaten der gleichbehandelten Parzellen — der Übersichtlichkeit halber — in Tab. 3 zu gemeinsamen Mittelwerten zusammengefaßt werden konnten.

Tabelle 2
**Die Ergebnisse der Bodenanalysen 1968**

| Versuch | Behandlung | Parz. Nr. | Entnahme Ort | Entnahme Tiefe cm | $P_H$ (KCl) | C % | Organische Subst. % | N % | C : N | 1 % Zitronensäureauszug mg/100 g Boden Ca | Mg | K | P | 3 % HCl-Auszug mg/100 g Boden Ca | Mg | K | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 a | ungedüngt | 1,4 | Balken | 0—15 | 3,1 | 19,2 | 38,4 | 0,56 | 34 | 50 | 16 | 10 | 10 | 106 | 32 | 16 | 35 |
| | | | Riefen | 0—15 | 3,3 | 1,9 | 3,7 | 0,08 | 24 | 3 | 14 | 4 | 5 | 37 | 26 | 8 | 24 |
| | $N_{Har}$ PK | 2,3 | Balken | 0—15 | 3,3 | 12,7 | 25,4 | 0,38 | 34 | 79 | 23 | 7 | 18 | 91 | 25 | 9 | 38 |
| | | | Riefen | 0—15 | 3,8 | 1,8 | 3,6 | 0,07 | 26 | 22 | 28 | 4 | 14 | 74 | 30 | 12 | 34 |
| | ungedüngt | 6,24 | Balken | 0—15 | 3,0 | 12,2 | 24,3 | 0,34 | 36 | 45 | 15 | 7 | 8 | 112 | 32 | 12 | 31 |
| | | | Riefen | 0—15 | 3,2 | 2,3 | 4,5 | 0,06 | 38 | 4 | 7 | 4 | 7 | 43 | 13 | 10 | 28 |
| 1 c | $N_{KAS}$ P | 8,19 | Balken | 0—15 | 3,1 | 10,9 | 21,8 | 0,34 | 32 | 57 | 21 | 6 | 11 | 160 | 32 | 13 | 39 |
| | | | Riefen | 0—15 | 3,7 | 2,1 | 4,2 | 0,08 | 26 | 6 | 19 | 5 | 7 | 110 | 21 | 17 | 33 |
| 1 d | 1(NPK) + P | 7,23 | Balken | 0—15 | 3,5 | 10,0 | 20,0 | 0,31 | 32 | 72 | 24 | 12 | 20 | 79 | 30 | 18 | 41 |
| | | | Riefen | 0—15 | 3,7 | 1,6 | 3,2 | 0,06 | 27 | 18 | 12 | 5 | 13 | 61 | 14 | 20 | 37 |
| | 2(NPK) + P | 10,22 | Balken | 0—15 | 3,3 | 11,9 | 23,7 | 0,37 | 33 | 86 | 28 | 15 | 24 | 129 | 33 | 23 | 47 |
| | | | Riefen | 0—15 | 3,5 | 2,7 | 5,4 | 0,09 | 30 | 29 | 9 | 6 | 19 | 78 | 14 | 19 | 40 |

Tabelle 3

**Ergebnisse der Nadelanalysen 1968**

| Versuch | Behandlung | Gew. v. 1000 Nadeln trocken g | Vol. v. 1000 Nadeln trocken ml | Vol. Gew. | Aschen-Gew. % | C/N | $C_t$ | $N_t$ | $NO_3$ 0,0.. | P 0,... | Ca 0,... | Mg 0,... | K 0,... | Na 0,0.. | Mn 0,0.. | Fe 0,0.. | Al 0,0.. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 a | O | 12,2 | 15,6 | 1,28 | 2,17 | 33 | 54,2 | 1,67 | 25 | 117 | 237 | 075 | 525 | 41 | 76 | 56 | 24 |
| | $N_{Har}$ PK | 14,4 | 18,6 | 1,29 | 2,47 | 32 | 55,6 | 1,74 | 27 | 161 | 362 | 114 | 546 | 56 | 70 | 53 | 26 |
| 1 b | O | 10,2 | 13,0 | 1,27 | 2,21 | 36 | 54,2 | 1,51 | 30 | 116 | 287 | 097 | 530 | 17 | 55 | 50 | 31 |
| | K | 12,2 | 16,4 | 1,35 | 2,40 | 32 | 54,2 | 1,68 | 25 | 127 | 296 | 150 | 620 | 16 | 69 | 47 | 30 |
| | P | 14,9 | 19,4 | 1,30 | 2,42 | 33 | 53,8 | 1,61 | 27 | 150 | 343 | 130 | 582 | 22 | 58 | 53 | 26 |
| 1 c | O | 10,2 | 13,0 | 1,27 | 2,21 | 36 | 54,2 | 1,51 | 30 | 116 | 287 | 097 | 530 | 17 | 55 | 50 | 31 |
| | $N_{KAS}$ P | 20,3 | 26,2 | 1,29 | 2,36 | 33 | 54,9 | 1,64 | 26 | 155 | 312 | 135 | 577 | 12 | 64 | 52 | 27 |
| | $N_{Mg}$ P | 16,3 | 19,0 | 1,17 | 2,44 | 34 | 54,1 | 1,58 | 24 | 138 | 345 | 153 | 508 | 24 | 63 | 57 | 25 |
| 1 d | O | 10,2 | 13,0 | 1,27 | 2,21 | 36 | 54,2 | 1,51 | 30 | 116 | 287 | 097 | 530 | 17 | 55 | 50 | 31 |
| | 1 (NPK)+P | 18,1 | 23,0 | 1,27 | 2,46 | 32 | 54,2 | 1,69 | 25 | 150 | 335 | 130 | 559 | 31 | 59 | 51 | 31 |
| | 2 (NPK)+P | 17,8 | 22,6 | 1,27 | 2,42 | 34 | 54,9 | 1,60 | 28 | 163 | 323 | 109 | 619 | 28 | 60 | 53 | 33 |

Zur Beurteilung des Ernährungszustandes dienen — ähnlich wie bei Kern-Moll (1970) — die nachstehenden Richtwerte:

Nährelementkonzentration in % Trockensubstanz:

| | N | P | K | Ca |
|---|---|---|---|---|
| Mangel | 0,7 - 1,5 | 0,05 - 0,13 | 0,12 - 0,40 | 0,05 - 0,20 |
| Optimum | 1,8 - 3,2 | 0,18 - 0,30 | 0,5 - 0,9 | 0,24 - 0,42 |

| | Mg | Mn | Fe |
|---|---|---|---|
| Mangel | 0,04 - 0,09 | 0,005 - 0,009 | 0,005 - 0,01 |
| Optimum | 0,11 - 0,36 | 0,03 - 0,05 | > 0,05 |

Vergleichen wir die in Tab. 3 niedergelegten Analysendaten mit diesen Richtwerten, so können wir folgendes feststellen:

*Versuch 1a*

In den 0-Parzellen lag der Gehalt an Gesamtstickstoff mit 1,67 % zwischen Mangel- und Optimumbereich; die Phosphorkonzentration lag mit 0,12 % im Mangelbereich, ebenso der Magnesiumgehalt mit 0,08 %. Die Konzentrationen an Kalzium, Kalium und Spurenelementen waren voll ausreichend bis optimal.

Durch die Düngung mit $N_{Har}PK$ wurde der Gehalt an Gesamtstickstoff auf 1,74 % und der Phosphorgehalt auf 0,16 % in zunächst ausreichender Weise angehoben; der Nitratstickstoffanteil erhöhte sich ebenfalls. Die Versorgung mit den übrigen Elementen war optimal.

*Versuche 1b-d*

In den 0-Flächen der Kleinparzellen-Düngungsversuche lag der Vorrat an Gesamtstickstoff mit durchschnittlich 1,5 % an der Mangelgrenze, der Vorrat an Phosphor mit durchschnittlich 0,12 % im Mangelbereich. Die Versorgung mit Magnesium war ausreichend (0,10 %), die der übrigen Elemente optimal.

Durch die *K-Düngung* wurde die Kaliumkonzentration auf 0,62 % und die Magnesiumkonzentration auf 0,15 % erhöht. Der Gehalt an Gesamtstickstoff stieg auf 1,68 % an, während der Anteil an Nitratstickstoff zurückging. Die Phosphorkonzentration änderte sich gegenüber dem Mittel der 0-Parzellen nur wenig und blieb mit 0,13 % nicht ausreichend.

Die K-Zufuhr wirkte darüber hinaus auf die Konzentration an Kalzium und Mangan leicht erhöhend, auf die Konzentration an Natrium, Eisen und Aluminium im Vergleich zu den 0-Parzellen etwas erniedrigend.

Durch die *P-Gabe* wurden der Phosphorgehalt auf durchschnittlich 0,15 % und der Stickstoffgehalt auf 1,61 % über die Mangelgrenze hinaus angehoben. Die Magnesiumkonzentration erhöhte sich auf den optimalen Wert von 0,13 %. Die gute Versorgung mit den übrigen Elementen blieb erhalten, jedoch stieg auch deren Konzentration in allen Fällen, mit Ausnahme des Aluminiums und des Nitratstickstoffs leicht an.

Die Nadelproben der $N_{KAS}P$-Parzellen enthielten durchschnittlich 1,64 % Gesamtstickstoff und 0,16 % Phosphor. Die Versorgung mit Magnesium (0,14 %) und den übrigen Elementen war optimal. Die KAS+Hyperphosdüngung bewirkte als Nebeneffekt einen Anstieg der Magnesium-, Eisen- und Mangankonzentrationen sowie eine Abnahme der Natrium-, Aluminium- und Nitratstickstoffgehalte.

Durch die $N_{Mg}P$-Gabe wurden der Gesamtstickstoffvorrat nur leicht auf 1,58 %, der Magnesiumgehalt jedoch kräftig auf 0,15 % angehoben. Der durchschnittliche Phosphorgehalt wurde über die Mangelgrenze auf knapp 0,14 % erhöht. Die Versorgung mit Kalzium, Kalium, Mangan, Eisen und Aluminium war optimal, wobei sich als Folge der Düngemaßnahme die Konzentrationen an Kalzium, Eisen und Mangan erhöhten, während im Vergleich zu den 0-Parzellen die Gehalte an Aluminium, Kalium und Nitratstickstoff ± deutlich abnahmen.

Als Folge der *1 (NPK) + P*-Düngung erhöhte sich der durchschnittliche Stickstoffgehalt auf 1,69 %, der Phosphorgehalt auf 0,15 % und der Kaliumgehalt auf 0,56 %. Neben der zu erwartenden Steigerung des Kalziumgehaltes wurde auch die Magnesiumkonzentration auf 0,13 % optimal gesteigert. Als Nebenwirkung stiegen die durchschnittlichen Konzentrationen an Mangan und Eisen leicht, an Natrium erheblich an. Die Aluminiumspeicherung veränderte sich nicht.

Die Verdoppelung der NPK-Gabe — *2 (NPK) + P* — bewirkte im Vergleich zur einfachen NPK-Gabe einen weiteren Anstieg der Phosphorkonzentration auf 0,16 %, des Kaliumgehaltes auf 0,62 %, sowie eine geringe Erhöhung der Eisen-, Mangan- und Aluminiumwerte. Jedoch waren im Gegensatz zur Einfach-NPK-Düngung die Gehalte an Gesamtstickstoff (1,60 %) und Magnesium (0,11 %) deutlich geringer, sowie der Kalziumspiegel in geringerem Ausmaße gesenkt. Auch hier lag der Nitratgehalt niedriger als in den 0-Parzellen.

Von Interesse sind schließlich noch die prozentualen Änderungen der nadelanalytischen Werte bei den einzelnen Düngerkombinationen gegenüber den unbehandelten Feldern. Sie finden sich — soweit sie bedeutsam erschienen — in Tab. 7, rechts. Hervorzuheben sind hier:

| Bei der Düngevariante | die starke Zunahme von |
|---|---|
| $N_{Har}PK$ | P (+ 38 %), Ca (+ 53 %) und Mg (+ 52 %) |
| K sowie $N_{Mg}P$ | Mg (+ 55 % bzw. + 58 %) |
| $N_{KAS}P$ | Nadelvolumen (+ 102 %), Nadelgewicht (+ 99 %), P (+ 34 %) |
| 1 (NPK) + P | Nadelvolumen (+ 77 %), Nadelgewicht (+ 77 %), P (+ 29 %) |
| 2 (NPK) + P | Nadelvolumen (+ 74 %), Nadelgewicht (+ 75 %), P (+ 41 %) |

In Tab. 4 haben wir schließlich noch einige Elementkonzentrationsverhältnisse der Nadelproben 1968 festgehalten, und zwar die Konzentrationsverhältnisse von Gesamtkohlenstoff : Phosphor, Gesamtstickstoff : Phosphor, Gesamtstickstoff : Nitratstickstoff und Phosphor : Nitratstickstoff, sowie ferner die Konzentrationsverhältnisse für Kalzium, Kalium und Magnesium, bezogen auf die Konzentration von Phosphor = 1.

Nach SEILLAC (1962) und anderen Autoren (vgl. KERN-MOLL 1970) ist für Ki-Nadeln ein $N_t$:K:P-Konzentrationsverhältnis von 5,5 — 4,0 : 5,0 — 3,5 : 1 als günstig anzusehen. Tab. 4 zeigt, daß die Relation von Kalium : Phosphor in den meisten Fällen dieser Forderung entspricht. Andererseits ist allg. eine Disharmonie des $N_t$:P-Verhältnisses festzustellen, das bei den 0-Flächen (statt der als optimal angesehenen Relation 5,5 — 4,0 : 1) immerhin 13 — 14 : 1 beträgt und sich auch durch die hohen $P_2O_5$-Gaben (280 - 400 kg/ha) zunächst nur auf 10 - 11 : 1 verengt hat.

Im übrigen fallen bei den verschiedenen Düngevarianten folgende besonders deutliche Änderungen der Konzentrationsverhältnisse — gegenüber 0 — ins Auge:

| Versuch | Düngung | Verengung des Konzentrationsverhältnisses | Erweiterung des Konzentrationsverhältnisses |
|---|---|---|---|
| 1 a | $N_{Har}PK$ | $C_t$:P; K:P | |
| 1 b | K | | Mg:P |
| | P | $C_t$:P | |
| 1 c | $N_{KAS}P$ | $C_t$:P; K:P | P:$N_{NO3}$ |
| | $N_{Mg}P$ | K:P | P:$N_{NO3}$; Mg:P |
| 1 d | 1,2(NPK)+P | $C_t$:P; K:P | P:$N_{NO3}$ |

Beim Vergleich der ertragskundlichen, nadelanalytischen und bodenkundlichen Daten (Kap. 3.5.) werden wir den Einfluß dieser Änderungen des Konzentrationsniveaus (Tab. 7) und der Konzentrationsverhältnisse (Tab. 4) auf das Wachstum untersuchen.

### 3.4. *Ertragskundliche Ergebnisse*

Die nach Abschluß der Vegetationsperiode 1968 durchgeführte Aufmessung brachte für die Kiefer der Versuche 1 a - d die in Abb. 2 niedergelegten Ergebnisse. Daraus läßt sich ablesen, daß

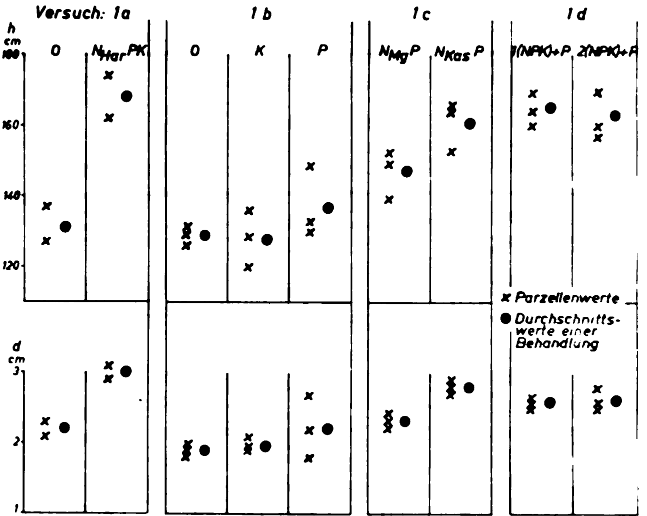



Abb. 2
*Der Einfluß der Düngemaßnahmen auf das Höhen- und Stärkenwachstum der Kiefer.*
Weder K noch P bewirkten allein nennenswerte Zuwachssteigerungen. Am erfolgreichsten waren offensichtlich bisher die Kombinationen $N_{Har}PK$, $N_{KAS}P$ sowie (NPK) + P.

zwischen den Einzelparzellen auch bei gleicher Behandlung gewisse Unterschiede in Höhe und Durchmesser auftreten. Dies kann bei den — wenn auch geringen — standörtlichen Verschiedenheiten zwischen Ober-, Mittel- und Unterhang, den möglichen Randwirkungen durch die benachbarten Dickungen, der unterschiedlichen Verteilung der alten Reisigbrennstellen und der zunehmenden Verbißstärke mit wachsender Entfernung vom Weg auch nicht verwundern; von der geringen Größe der Testparzellen (1 ar) einmal ganz abgesehen.

Ungeachtet dieser Störfaktoren zeichnen sich folgende Tendenzen ab:

*Versuch 1 a:*

Durch eine entsprechende NPK-Düngung ($N_{Har}PK$) war es unter den gegebenen standörtlichen Voraussetzungen möglich, eine namhafte Belebung des Höhen- und Stärkenzuwachses der Ki zu erreichen.

*Versuch 1 b:*

Weder mit K noch mit P allein ließen sich bisher nennenswerte und eindeutige Zuwachssteigerungen gegenüber den unbehandelten 0-Parzellen erzielen. Die Wirkung von P scheint jedoch positiver zu sein als die von K.

Tabelle 4
**Elementkonzentrationsverhältnisse in den Nadelproben 1968**

| Vers. | Behandlung | Konzentrationsverhältnisse $C_t$ : P | $N_t$ : P | $N_t$ : $N_{NO3}$ | P : $N_{NO3}$ | Ca | K | Mg | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 a | O | 463 | 14 | 67 | 4,7 | 2,0 | 4,5 | 0,6 | 1 |
| | $N_{Har}PK$ | 345 | 11 | 65 | 6,0 | 2,3 | 3,4 | 0,7 | 1 |
| | | 467 | 13 | 50 | 3,9 | 2,5 | 4,6 | 0,8 | 1 |
| 1 b | K | 427 | 13 | 67 | 5,1 | 2,3 | 4,9 | 1,2 | 1 |
| | P | 359 | 11 | 60 | 5,6 | 2,3 | 3,9 | 0,9 | 1 |
| | | 467 | 13 | 50 | 3,9 | 2,5 | 4,6 | 0,8 | 1 |
| 1 c | $N_{KAS}P$ | 354 | 11 | 63 | 6,0 | 2,0 | 3,7 | 0,9 | 1 |
| | $N_{Mg}P$ | 392 | 11 | 66 | 5,8 | 2,5 | 3,7 | 1,1 | 1 |
| | | 467 | 13 | 50 | 3,9 | 2,5 | 4,6 | 0,8 | 1 |
| 1 d | 1 (NPK) + P | 361 | 11 | 68 | 6,0 | 2,2 | 3,7 | 0,9 | 1 |
| | 2 (NPK) + P | 337 | 10 | 57 | 5,8 | 2,0 | 3,8 | 0,7 | 1 |

Tabelle 5

**Der Einfluß der Düngemaßnahmen auf das Wachstum bei Kiefer und Buche 1965 - 68**
**Angaben in % der 0-Flächen (= 100)**

| Vers. | Düngung | Kiefer Abkürzung *) | Kiefer Pflanzenzahlen (n) % | Kiefer Ges.-Höhe (h) % | Kiefer Ø 65-er Trieb (d) % | Kiefer Index $d^2 \cdot h$ „Mittelstämmchen" % | Kiefer Index $\Sigma d^2 \cdot h$ ha % | Buche Pflanzenzahlen (n) % | Buche Ges.-Höhe (h) % | Buche Ø Boden (d) % | Buche Index $d^2 \cdot h$ „Mittelstämmchen" % | Buche Index $\Sigma d^2 \cdot h$ ha % | Ki+Bu Index $\Sigma d^2 \cdot h$ ha % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 a | Hyperphos<br>Harnstoff<br>Patentkali | P +<br>$N_{Har}$ +<br>K | 125 | 127 | 136 | 235 | 294 | 110 | 119 | 125 | 186 | 205 | 281 |
| 1 b | Patentkali | K | 103 | 99 | 105 | 109 | 112 | 110 | 96 | 88 | 74 | 81 | 107 |
| | Hyperphos | P | 113 | 104 | 116 | 140 | 158 | 129 | 113 | 100 | 113 | 146 | 156 |
| 1 c | Hyperphos<br>Stickstoffmagnesia | P +<br>$N_{Mg}$ | 105 | 114 | 121 | 167 | 175 | 110 | 107 | 88 | 83 | 91 | 162 |
| | Hyperphos<br>KAS | P +<br>$N_{KAS}$ | 102 | 125 | 147 | 270 | 275 | 119 | 143 | 125 | 223 | 265 | 274 |
| 1 d | Hyperphos<br>Nitrophoska 1 x | P +<br>1 (NPK) | 109 | 128 | 132 | 223 | 243 | 110 | 138 | 113 | 176 | 194 | 236 |
| | Hyperphos<br>Nitrophoska 2 x | P +<br>2 (NPK) | 112 | 126 | 137 | 237 | 265 | 114 | 126 | 113 | 161 | 184 | 253 |

*) nach Hausser et. al (1969)
Bem.: Die Max.-Werte wurden doppelt, die bis zu 5 % niedrigeren Werte einfach unterstrichen.

*Versuch 1c:*

KAS erhöhte den Zuwachs wesentlich stärker als Stickstoffmagnesia.

*Versuch 1d:*

Die doppelte Gabe Nitrophoska-blau-extra (10 dz/ha) wirkte sich bisher nicht stärker aus als die einfache Gabe (5 dz/ha).

Von großem praktischen Interesse ist auch die Frage, welche der angewandten Düngemaßnahmen insgesamt bisher am günstigsten gewirkt hat, und zwar nicht nur bei Ki sondern auch bei Bu. Wir haben daher in Tab. 5 die entsprechenden Daten der Versuche 1 a - d — bezogen auf die zugehörigen 0-Flächen — als Relativwerte zusammengestellt und dabei für diese Betrachtung, der Übersichtlichkeit halber, die Parzellen gleicher Behandlung zusammengefaßt.

Folgende Ergebnisse zeichnen sich ab:

1. Die *Zahl der Bestandesglieder* ist in den gedüngten Parzellen i. D. höher als in den 0-Flächen, und zwar sowohl bei Ki als auch bei Bu.

2. Hinsichtlich der *Höhenentwicklung der Ki* haben die Flächen mit P-Grunddüngung + $N_{KAS}$ bzw. + 1,2(NPK) sowie + $N_{Har}$K etwa gleichwertig abgeschnitten, und zwar mit einer Überlegenheit gegenüber den 0-Flächen von + 25 bis + 28 %. Die Wirkung von $N_{Mg}$P war um über 10 % geringer. Die Förderung der Mittelhöhe durch P allein erwies sich bisher als gering (+ 4 %), die von K praktisch als 0.

*Bei Bu* war $N_{KAS}$P deutlich am erfolgreichsten (+ 43 %), gefolgt von 1(NPK)+P = (+ 38 %) und 2(NPK)+P (+ 26 %) sowie $N_{Har}$PK (+ 19 %). Deutlich niedriger war die Wirkung von P allein (+ 13 %) sowie von $N_{Mg}$P (+ 7 %). Die K-Düngung erwies sich auch hier als wirkungslos.

3. Bei der *Stärkenentwicklung der Ki* liegt in der Wirkung $N_{KAS}$P an der Spitze (+ 47 %), gefolgt von 2(NPK)+P, $N_{Har}$PK und 1(NPK)+P = (mit + 37 bis + 32 %).

Die weitere Rangfolge ist ähnlich wie bei der Gesamthöhe: $N_{Mg}$P, P (+ 21 bzw. 16 %) und zuletzt K, bei dem nur eine minimale Wirkung festzustellen war (+ 5 %).

Auf die *Stärkenentwicklung der Bu* haben lediglich die beiden (NPK)+P-Gaben (+ 13 %) sowie besonders die Düngungen $N_{KAS}$P und $N_{Har}$PK positiv gewirkt (+ 25 %).

4. Hinsichtlich des *oberirdischen Sproßvolumens* ($d^2 \times h$) ergibt sich *bei Ki:* Die geringste Steigerung gegenüber unbehandelt erbringt erwartungsgemäß die K-Düngung (+ 9 %), es folgen P (+ 40 %), $N_{Mg}$P (+ 67 %), 1(NPK)+P (+ 123 %), $N_{Har}$PK und 2(NPK)+P (+ 135 bis + 137 %) und schließlich mit dem größten Ausschlag die $N_{KAS}$P-Parzellen (+ 170 %).

*Bei Bu* lagen die Werte niedriger, und zwar waren positive Auswirkungen auf die Ausbildung des Sproßvolumens nur bei P (+ 13 %), 2(NPK)+P (+ 61 %), 1(NPK)+P (+ 76 %), $N_{Har}$PK (+ 86 %) und schließlich $N_{KAS}$P (+ 123 %) feststellbar.

Berücksichtigt man schließlich noch die Pflanzenzahlen und das Bestockungsverhältnis Ki : Bu mit 85 : 15, so ergibt sich an Gesamtsproßvolumen im Verhältnis zu den 0-Flächen i. D.:

| | |
|---|---|
| Bei K | 107 % |
| P | 156 % |
| $N_{Mg}$P | 162 % |
| 1(NPK)+P | 236 % |
| 2(NPK)+P | 253 % |
| $N_{KAS}$P | 274 % |
| $N_{Har}$PK | 281 % |

Allerdings ist diese Betrachtungsweise für landwirtschaftliche Versuche wohl geeigneter als in der Forstwirtschaft, denn bei forstlichen Kulturversuchen ist das rasche Überwinden der gefahrvollen Jugendphase für den Erfolg entscheidend. Die positiven Auswirkungen der Düngemaßnahmen für forstliche Zwecke können daher im Hinblick auf die notwendige Stammzahlverminderung besser aus dem $d^2 \times h$-Index abgelesen werden. Eine Förderung des Höhenwachstums erlaubt ein rascheres Herauswachsen aus der ge-

fährdeten bodennahen Zone, eine Steigerung des Dickenwachstums ermöglicht das raschere Erreichen der gewünschten Zieldimension.

Unter diesem Gesichtspunkt erscheint gegenwärtig in den hier besprochenen Versuchen die $N_{KAS}$P-Gabe als die erfolgreichste Düngung, und zwar sowohl was die Ki als auch was die Bu betrifft ($d^2 \cdot h$ gegenüber 0 = + 170 % bei Ki, + 123 % bei Bu, bei einem finanziellen Aufwand von 334 DM/ha).

Soweit dies bisher beurteilt werden kann, dürfte auch die 1(NPK)+P-Düngung für die Praxis interessant sein (Mehrzuwachs bei Ki + 123 % bei Bu + 76 % mit einem Aufwand von ca. 360 DM/ha), die augenblicklich die stärkste Höhenwuchsförderung erkennen läßt.

Der positive Einfluß der 2(NPK)+P-Düngung (+ 137 % bei Ki und + 61 % bei Bu) und der $N_{Har}$PK-Düngung (+ 135 % bei Ki und + 86 % bei Bu) ist mit finanziellen Aufwendungen von 480 bis 520 DM/ha wohl zu teuer bezahlt, wenn die Entwicklung der nächsten Jahre nicht entscheidende Änderungen bringt.

Einen kleinen Hinweis auf die künftige Entwicklungstendenz vermag die *Aufschlüsselung der Düngewirkung auf die einzelnen Jahre* vom Zeitpunkt der Behandlung bis zur Aufmessung zu geben. Wir wollen dies am Beispiel der Höhentrieblängen in Abb. 3 verfolgen.

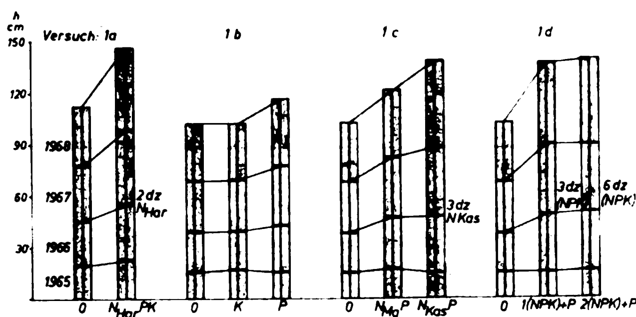



Abb. 3
*Der jährliche Höhenzuwachs der Kiefer seit der Versuchsanlage (Stand: Herbst 1968)*
Im ersten Düngejahr hat keine Behandlung sehr positiv gewirkt. Die K-Gabe zeigt überhaupt keine, die P-Gabe erst ab dem 3. Jahr nach der Düngung nennenswerte Ausschläge. Die NP-enthaltenden Düngerkombinationen lassen 4 Jahre nach der Versuchsanlage noch kein Nachlassen der Höhenzuwachsförderung erkennen.

In Form einer Balkengraphik sind dort für die einzelnen Behandlungsarten die durchschnittlichen Jahrestrieblängen seit Beginn der Maßnahmen (1965) übereinander aufgetragen. Die Gesamtbalkenhöhe ergibt die durchschnittliche Höhenwuchsleistung 1965 - 68; die Verbindungslinien zwischen den entsprechenden Jahrestriebgrenzen verschieden gedüngter Parzellen lassen u. a. aus ihrem Steigungswinkel erkennen, ob die Düngewirkung in den Beobachtungsjahren positiv war. Durch einen Vergleich der Steigungswinkel in den verschiedenen Jahren kann schließlich festgestellt werden, ob sich die Wirksamkeit in gleicher Weise erhalten hat (parallele Verbindungslinien in zwei aufeinanderfolgenden Jahren), verstärkt oder abgeschwächt hat (größerer bzw. geringerer Steigungswinkel als im Vorjahr).

Prüfen wir die Abbildung 3 in dieser Richtung, so zeigt sich, daß

- im ersten Düngejahr keine Behandlung einen sehr positiven Ausschlag ergeben hat;
- die $N_{Har}$PK-Düngung (1967 mit 2 dz Harnstoff nachgedüngt) — u. a. auch standörtlich bedingt — die absolut größte Höhenwuchsleistung aller Versuchsreihen seit 1965 zu verzeichnen hat und 1968 noch eine deutliche Verstärkung der Wuchsintensität gegenüber dem Vorjahr erkennen läßt;
- die P-Behandlung sich offensichtlich erst ab dem 3. Jahr deutlich auszuwirken beginnt und 4 Jahre nach der Düngung in der Höhenwuchsleistung (1965 - 68) der 0-Fläche immerhin um 14 % überlegen ist. (Bei der Gesamthöhe in Tab. 5 kommt dies infolge schlechterer Ausgangslage nicht entsprechend zur Geltung);
- die $N_{KAS}$P-Düngung (1967 mit 3 dz KAS nachgedüngt) 1968 noch steigende Förderungstendenz aufweist;
- die (NPK)+P-Gaben (1967 nochmals 3 bzw. 6 dz Nitrophoska-blau-extra) 1968 das Maximum der Höhenzuwachssteigerung in den 4 Beobachtungsjahren bewirkt haben, wobei der Unterschied zwischen einfacher und doppelter (NPK)-Dosierung allerdings erstaunlich gering ist.

*Die nach Tab. 5 erfolgreichsten Düngerkombinationen $N_{Har}$PK, $N_{KAS}$P sowie (NPK)+P lassen also 4 Jahre nach der Versuchsanlage noch kein Absinken der Höhenzuwachsförderung erkennen.*

Die ungleichmäßige Förderung der Jahrestriebe bei den verschiedenen Düngergaben läßt vermuten, daß durch solche Maßnahmen der natürliche Wachstumsrhythmus — zumindest zeitweise — verändert werden kann. Wir wollen dies überprüfen, indem wir jeweils den 65er Jahrestrieb als Bezugsbasis verwenden und die darauf folgenden Trieblängen (1966 - 68) in Prozenten dieser flächeneigenen Bezugsgrößen ausdrücken. Dabei ergibt sich gemäß Abb. 4 folgendes: Bei allen Düngergaben — mit Ausnahme von K — wird der von den 0-Flächen repräsentierte natürliche Wachstumsablauf verändert. Die auf den 65er Jahrestrieb bezogenen jährlichen Zuwachswerte 1966 - 68 erfahren durch N + P-Düngung

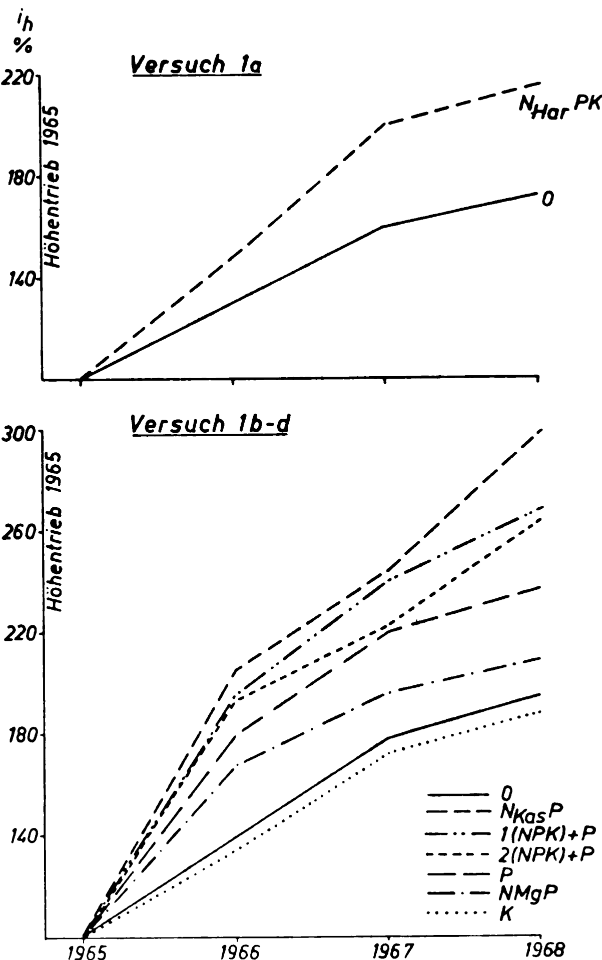



Abb. 4
*Die Jahrestrieblängen 1966 - 68 in % des jeweiligen 65er Höhentriebs bei den verschiedenen Behandlungsarten*
Bei allen Düngergaben — mit Ausnahme von K — wird der von den 0-Flächen repräsentierte natürliche Wachstumsrhythmus, zumindest zeitweise, verändert. Besonders deutlich ist dies bei den Kombinationen $N_{KAS}$P und (NPK)+P festzustellen.

verschiedenster Kombination eine deutliche Förderung gegenüber den unbehandelten Flächen. Besonders deutlich — und bis Ende 1968 anhaltend — ist dies bei den $N_{KAS}P$- und (NPK)+P-Flächen zu bemerken. Wann diese Förderung abklingt, werden die künftigen Messungen zeigen.

Die *statistische Auswertung der gewonnenen Meßdaten*, die wegen der Vorläufigkeit der Ergebnisse bewußt mit begrenztem Aufwand vorgenommen wurde, sollte für die Hauptholzart Kiefer folgende Fragen klären:

1. Ist die Düngewirkung gegenüber den 0-Flächen grundsätzlich gesichert oder sind andere, evtl. gleichwertige Variationsursachen vorhanden?

2. Welche der ermittelten Differenzen zwischen den Durchschnittswerten von Gesamthöhe, Höhentrieb 1968 und Stärke des 65er Jahrestriebs verschieden behandelter Parzellen können als gesichert angesehen werden?

Zu Frage 1: Mittels Varianzanalyse und F-Test wurde für die Versuche 1 b - d mit ihren 21 Gliedern der hochsignifikante Einfluß der Düngung auf die Gesamtvarianz sowohl bei der Gesamthöhe als auch bei der mittleren Stärke des 65er Jahrestriebes nachgewiesen. Die Teilvarianz Düngung beträgt bei der Höhe 82 %, bei der Stärke 76 % der Gesamtvarianz; für den Einfluß der Höhenlage ergeben sich 15 bzw. 17 %, so daß für die Rest-(Zufalls-)Varianz lediglich noch 3 bzw. 7 % übrig bleiben.

Zu Frage 2: Die statistische Sicherheit der in den einzelnen Parzellen gefundenen Mittelwerte für die Gesamthöhe, den Höhenzuwachs 1968 und den mittleren Durchmesser des 65er Jahrestriebs wurde mit Hilfe des t-Tests überprüft. Dabei ergab sich — 4 Jahre nach der Versuchsanlage — folgendes:

- Signifikant größere Gesamthöhen und Triebstärken sowie gesichert längere 68er Jahrestriebe als die 0-Flächen haben alle Düngevarianten, bei denen N zugeführt wurde. In der P-Fläche ohne N sind die 1968 gebildeten Höhentriebe und — mit Ausnahme der Randparzelle 25 — auch die d-Werte gesichert größer als bei unbehandelt.
- Die K-Düngung bewirkte eine gesichert niedrigere Höhen- und Stärkenentwicklung als die übrigen Düngerkombinationen (Ausnahme: P-behandelte Randparzelle 25).
- Von der P- und der $N_{Mg}P$-Düngung, deren Differenzen sich z.T. als nicht signifikant erwiesen, sind die übrigen N-enthaltenden Düngevarianten in Höhe und Stärke gesichert positiv verschieden.
- Die Unterschiede zwischen den N-gedüngten Flächen erwiesen sich — mit Ausnahme der gesichert niedriger liegenden $N_{Mg}P$-Behandlung — bei der Höhenentwicklung als nicht signifikant; bei den d-Werten hingegen lagen die mit $N_{KAS}P$ gedüngten Kiefern gesichert höher als die mit (NPK)+P behandelten.

Da für die Wertkiefern-Erzeugung sowohl die Frage der *Lückigkeit der Kultur* als auch das damit in gewissem Zusammenhang stehende Problem der Ästigkeit eine Rolle spielen, haben wir außer den vorstehend erörterten Messungen noch einige diesbezügliche testweise Untersuchungen angestellt.

Bereits okular ist feststellbar, daß die 0-Flächen gegenüber den gedüngten Parzellen eine größere Zahl und ausgedehntere Lücken aufweisen. Einen Anhalt in dieser Richtung bieten schon die Pflanzenzahlen pro ha in Tsd.:

| Versuch 1 a | 0 | $N_{Har}PK$ | Versuch 1 b - d: 0 | K | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Ki | 8,9 | 11,1 | 12,7 | 13,1 | 14,3 |
| Bu | 2,0 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 2,7 |

| Versuch 1 b - d | $N_{Mg}P$ | $N_{KAS}P$ | 1(NPK)+P | 2(NPK)+P |
|---|---|---|---|---|
| Ki | 13,3 | 12,9 | 14,2 | 13,8 |
| Bu | 2,3 | 2,5 | 2,3 | 2,4 |

Die Summierung der vorhandenen Lücken in den Kleinparzellen (Ausfall von mindestens 2 Pflanzen) brachte folgendes Ergebnis: Von 3 x 6 x 10 (Parzellenzahl x Riefenzahl x lfd. Meter) = 180 lfm Riefen waren ohne Bestockung

| | 0 | K | P | $N_{Mg}P$ |
|---|---|---|---|---|
| lfd. Meter | 35 | 32 | 16 | 31 |
| in % Ges. Riefenlänge | 19 | 18 | 9 | 17 |

| | $N_{KAS}P$ | 1(NPK)+P | 2(NPK)+P |
|---|---|---|---|
| lfd. Meter | 18 | 9 | 18 |
| in % Ges. Riefenlänge | 10 | 5 | 10 |

Die größten Lücken befinden sich demnach in den 0-Flächen, gefolgt von K und $N_{Mg}P$. Deutlich niedriger, bei etwa gleichem Ausfallprozent (ca. 10 %), liegen P, $N_{KAS}P$, 2NPK+P, und schließlich folgt die auch bisher in der Gesamthöhe besonders positiv auffallende 1(NPK)+P-Behandlung. In diesen letzteren Parzellen treten nur ca. 1/4 der Lücken gegenüber unbehandelt auf.

Es ist also — ähnlich wie bei GUSSONE (1963) und KERN-MOLL (1970) — klar zu erkennen, daß, zumindest auf bestimmten Standorten, entsprechend gedüngte Kulturen wesentlich geringere Ausfälle als ungedüngte 0-Flächen haben und daher geschlossener aufwachsen als diese.

Die Frage unterschiedlicher *Aststärken* bei gedüngten und ungedüngten Parzellen wurde am Beispiel des Vers. 1 a überprüft, also im Vergleich 0 : NPK-Volldüngung ($N_{Har}PK$). Einen Überblick über die dabei gefundenen Ergebnisse vermittelt Tab. 6:

Tabelle 6

**Mittl. ∅ der 3 stärksten Äste in den Quirlen 1966 - 68 bei Ki der 0- und NPK-Parzellen des Vers. 1a (II 8 b¹ Kohlplatz), getrennt nach Höhenstufen.**

| | 0-Parzellen | | NPK-Parzellen ($N_{Har}+P_{Hy}+K_{Mg}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| h-Stufe cm | n Stück | mittl. ∅ cm | n Stück | mittl. ∅ cm | mittl. ∅ in % 0-Fläche |
| ≦ 80 | 12 | 0,55 | — | — | — |
| 81 — 100 | 22 | 0,61 | 3 | 0,58 | 95 |
| 101 — 120 | 36 | 0,71 | 11 | 0,71 | 100 |
| 121 — 140 | 41 | 0,79 | 33 | 0,80 | 101 |
| 141 — 160 | 47 | 0,87 | 46 | 0,92 | 106 |
| 161 — 180 | 25 | 0,97 | 34 | 0,97 | 100 |
| 181 — 200 | 11 | 1,09 | 46 | 1,15 | 105 |
| > 200 | 6 | 1,19 | 27 | 1,24 | 104 |
| | ≶ 200 | i. D. 0,81 | ≶ 200 | i. D. 0,99 | i. D. 122 % |

Im Flächendurchschnitt haben danach die gedüngten Parzellen deutlich größere Aststärken als die 0-Flächen; die Differenz 0/NPK ist hochsignifikant (P = 0,01).

Bei der vorhandenen sehr deutlichen Beziehung zwischen jeweiliger Gesamthöhe und mittlerer Aststärke (der drei stärksten Äste pro Astquirl 1965 - 68), ist dies aber offensichtlich im wesentlichen auf die bessere Höhenwuchsleistung der gedüngten Flächen zurückzuführen. Es besteht also eine biologisch leicht erklärbare Korrelation zwischen der Größe der organischen Produktion und der Stärke des Traggerüsts der Assimilationsorgane. Für diese Annahme spricht jedenfalls die Tatsache, daß Pflanzen gleicher Höhenstufen — ob gedüngt oder nicht — bei vergleichbarem Bestockungsaufbau etwa gleiche mittlere Aststärken aufweisen. Wir finden hier also ein Phänomen, das uns von Beständen unterschiedlicher Bonität her bekannt ist: Bei besseren Bonitäten i. D. größere

Tabelle 7

**Vergleich der ertragskundlichen, bodenkundlichen und nadelanalytischen Werte (Herbst 1968)**
**(Änderungen gegenüber 0-Fläche in % der 0-Flächenwerte)**

| Versuch | Behandlung | | Ertragskundliche Ergebnisse h | $i_{h68}$ | d | $d^2 i_{h68}$ (Ki) | Bodenkundliche Ergebnisse $P_H$ (KCl) | P | K | Mittel aus Riefen und Balken Ca | Mg | Nadelanalytische Ergebnisse (Ki) Gewicht 1000 Nadeln | Vol. 1000 Nadeln | $C_t : P$ | $P : N_{NO3}$ | $N_t$ | P | K | Ca | Mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | (pflanzen-verfügbar) | | | | | | | | | | | | |
| Vers. 1 a | $N_{Har}PK$ | Ki | + 27 | + 39 | + 36 | + 157 | + 11 | + 113 | — 21 | + 91 | + 70 | + 18 | + 19 | — 25 | + 28 | + 4 | + 38 | + 4 | + 53 | + 52 |
| | | Bu | + 19 | | + 25 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vers. 1 b | K | Ki | — 1 | + 1 | + 5 | + 11 | n. b. | n. b. | n. b. | n. b. | n. b. | + 20 | + 26 | — 9 | + 31 | + 11 | + 10 | + 17 | + 3 | + 55 |
| | | Bu | — 4 | | — 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | P | Ki | + 4 | + 15 | + 16 | + 55 | n. b. | n. b. | n. b. | n. b. | n. b. | + 41 | + 49 | — 23 | + 44 | + 7 | + 29 | + 10 | + 19 | + 34 |
| | | Bu | + 13 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vers. 1 c | $N_{KAS}P$ | Ki | + 25 | + 49 | + 47 | + 222 | + 10 | + 20 | 0 | + 29 | + 82 | + 99 | + 102 | — 24 | + 54 | + 9 | + 34 | + 9 | + 9 | + 39 |
| | | Bu | + 43 | | + 25 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $N_{Mg}P$ | Ki | + 14 | + 16 | + 21 | + 70 | n. b. | n. b. | n. b. | n. b. | n. b. | + 60 | + 46 | — 16 | + 49 | + 5 | + 19 | + 4 | + 20 | + 58 |
| | | Bu | + 7 | | — 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vers. 1 d | 1 (NPK) + P | Ki | + 28 | + 41 | + 32 | + 146 | + 16 | + 120 | + 55 | + 84 | + 64 | + 77 | + 77 | — 23 | + 54 | + 12 | + 29 | + 5 | + 17 | + 34 |
| | | Bu | + 38 | | + 13 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 (NPK) + P | Ki | + 26 | + 46 | + 37 | + 174 | + 10 | + 187 | + 91 | + 135 | + 68 | + 75 | + 74 | — 28 | + 49 | + 6 | + 41 | + 17 | + 13 | + 13 |
| | | Bu | + 26 | | + 13 | | | | | | | | | | | | | | | |

Ästigkeit. Die „Überlegenheit" der NPK-Fläche gegenüber 0 liegt dabei in vorliegendem Falle mit 22 % etwa in der gleichen Größenordnung wie sie auch im Edenkobener Versuch II 3c[1] festgestellt wurde (KERN-MOLL 1970).

### 3.5. *Vergleich der ertragskundlichen Daten mit den boden- und nadelanalytischen Werten*

Vom ertragskundlichen Standpunkt aus sehr erfolgreich waren nach Tab. 5 die Düngerkombinationen $N_{Har}PK$ (Vers. 1 a), $N_{KAS}P$ (Vers. 1 c) sowie 1,2(NPK)+P (Vers. 1 d).

Wie verhielten sich nun die bei diesen Varianten gefundenen boden- und nadelanalytischen Werte gegenüber den 0-Flächen und den weniger erfolgreichen Düngebehandlungen?

Wir wollen dies an Hand der Tab. 7 untersuchen, in der die Ergebnisse der ertragskundlichen, bodenkundlichen und nadelanalytischen Untersuchungen vom Herbst 1968 als relative Abweichungen von den 0-Flächen nebeneinander aufgeführt sind.

Beim Vergleich der ertragskundlichen und bodenanalytischen Daten, der zunächst leider nur für die oben angeführten ertragskundlich sehr erfolgreichen 4 Varianten mit den unbehandelten Feldern möglich ist, zeigt sich, daß in allen Fällen P, Ca, Mg und auch die $p_H$-Werte ± deutlich erhöht worden sind. Der Kaliumgehalt — auf unseren Standorten in seiner Auswirkung auf den Zuwachs offensichtlich weniger von Bedeutung (KERN-MOLL 1970) — hat sich indessen, gegenüber 0, nur bei den beiden (NPK)-Varianten des Vers. 1 d positiv verändert; bei $N_{KAS}P$ (Vers. 1 b) ist er gleich geblieben, bei $N_{Har}PK$ (Vers. 1 a) sind sogar niedrigere Werte als bei unbehandelt festzustellen.

Nadelanalytisch zeichnen sich die 4 erfolgreichsten Düngerkombinationen gemeinsam durch besonders deutliche Erhöhung des P-Gehalts bzw. eine starke Verengung des $C_t : P$-Verhältnisses aus. Mit Ausnahme der $N_{Har}PK$-Variante — die aber als einzige eine auffallend starke Erhöhung des Ca-Gehalts aufweist — ist bei ihnen auch eine über 70 %ige Vergrößerung des Gewichts und Volumens von 1000 Nadeln zu beobachten.

Die folgende Zusammenstellung, bei der als Wuchsleistungsindex für Ki $d^2 \cdot i_{h\,68}$ herangezogen worden ist, macht dies deutlich (Angaben als Abweichungen von den 0-Flächen in % der 0-Flächenwerte):

| | $d^2 \cdot i_{h\,68}$ (Ki) | P | $C_t : P$ | Gewicht von 1000 | Volumen Nadeln |
|---|---|---|---|---|---|
| $N_{KAS}P$ | + 222 | + 34 | — 24 | + 99 | + 102 |
| 2(NPK)+P | + 174 | + 41 | — 28 | + 75 | + 74 |
| $N_{Har}PK$ | + 157 | + 38 | — 25 | + 18 | + 19 |
| 1(NPK)+P | + 146 | + 29 | — 23 | + 77 | + 77 |
| $N_{Mg}P$ | + 70 | + 19 | — 16 | + 60 | + 46 |
| P | + 55 | + 29 | — 23 | + 41 | + 49 |
| K | + 11 | + 10 | — 9 | + 20 | + 26 |

Das abweichende Verhalten der $N_{Har}PK$-Parzellen bei Nadelgewicht und -volumen ist möglicherweise auf Unterschiede bei den Nadelzahlen zurückzuführen, eine Frage, die bei der nächsten Aufmessung eingehender untersucht werden soll.

Ähnlich wie bei KERN-MOLL (1970) lassen sich also auch hier gewisse Zusammenhänge zwischen den ertragskundlichen, bodenkundlichen, und nadelanalytischen Daten nachweisen, die uns für die künftigen Düngemaßnahmen wertvolle Hinweise geben können.

### 4. Prüfung der Wirtschaftlichkeit der durchgeführten Maßnahmen

Bei der Prüfung der Wirtschaftlichkeit sind 2 Aspekte zu berücksichtigen: Die spezielle, auf diesen Beispielsfall gerichtete Betrachtung und die allgemeine, auf Ki-Bu-Kulturen unseres Wuchsgebietes bezogene Blickrichtung.

Beginnen wir mit dem speziellen Teil.

Zur Rettung der stark verbissenen Ki-Bu-Kultur wären im Jahre 1965 pro ha nach herkömmlicher Methode — neben der Zäunung — folgende Aufwendungen notwendig gewesen:

| | |
|---|---|
| Plattenweises Entheiden an den Nachbesserungsstellen | ca. 400,— DM (incl. SL) |
| Ankauf von 4000 Ki 2/0 | ca. 170,— DM |
| Ankauf von 1000 Bu 1/2 | ca. 200,— DM |
| Pflanzkosten | ca. 300,— DM (incl. SL) |
| | ca. 1070,— DM |

Das Ergebnis wäre dann günstigstenfalls eine geschlossene Ki-Bu-Dickung mit der Wuchsleistung unserer 0-Flächen.

*Von den angewandten Düngerkombinationen haben — bei wesentlich höherer Wuchsleistung — die Behandlungen mit $N_{Har}PK$ und $N_{KAS}P$ sowie (NPK)+P zu befriedigend geschlossenen Ki-Bu-Dickungen geführt.*

Durch diese Düngergaben konnten also — im Gegensatz zu den lückigen 0-Parzellen — namhafte Anteile von Ki und Bu so wirkungsvoll unterstützt werden, daß sie sich gegenüber Heide- und Beerkrautkonkurrenz durchsetzten und somit erhalten blieben. *Die Kosten für diese Maßnahmen lagen* — wie aus Tab. 1 hervorgeht — zwischen 334,— und 518,— DM, d. h. *ca. 50 - 70 % niedriger als bei dem seither üblichen Nachbesserungsverfahren.*

Die Kosten der Zäunung können bei diesem Vergleich außer Ansatz bleiben, da sie — bei entsprechenden Erfolgsaussichten — wegen der hohen Gefährdung in beiden Fällen nicht zu umgehen war.

Von allgemeiner Bedeutung für Ki-Bu-Kulturen unseres Wuchsgebietes ist der in Tab. 8 durchgeführte Vergleich der bisher als besonders wirkungsvoll anzusprechenden Düngemaßnahmen. Daraus ergibt sich:

Von den angewandten Düngerkombinationen war die Hyperphos + KAS-Gabe bisher nicht nur die erfolgreichste, sondern zugleich die billigste. Dies ist um so bemerkenswerter, als auch in einem ca. 130jährigem Altholz diese Art der NP(Ca)-Düngung besonders positive Auswirkungen zeigte (Kern-Lanz-Moll 1970). Von praktischem Interesse ist ebenfalls noch die Hyperphos + 5 dz-Nitrophoska-Düngung. Sie bewirkte — bei nur unwesentlich höheren Kosten — zufriedenstellende Zuwachssteigerungen und hatte die geringsten Bestockungslücken (vergl. 3.4.).

Ähnlich wie der Versuch Edenkoben II 3c[1] (Kern-Moll 1970) zeigt hier die $N_{KAS}P$-Variante, daß N und P offensichtlich für den Zuwachserfolg entscheidend sind. Dabei erwiesen sich die von Hausser et al. (1969) für Kulturen angegebenen N-Mengen zwischen 50 und 100 kg auch für unsere Verhältnisse als ausreichend. Bei den $P_2O_5$-Gaben sollten wir über die dort vorgeschlagene normale Dosierung (150 - 200 kg) hinausgehen und — wie im vorliegenden Versuch bereits erfolgreich erprobt — die angegebene Höchstmenge (300 kg) vorsehen. Die unter 3.3. bereits erwähnte Disharmonie des N : P-Verhältnisses spricht hier u. E. eine deutliche Sprache.

In welcher Form N und P am besten zuzuführen sind, kann z. Z. noch nicht definitiv entschieden werden; wir müssen hier die Ergebnisse der noch laufenden Formenversuche abwarten. Die bereits vorliegenden Erkenntnisse geben aber schon wertvolle diesbezügliche Hinweise für unser Wuchsgebiet und können uns helfen, kostspielige Irrtümer zu vermeiden.

Die beiden höher dotierten, und dadurch mit größerem finanziellen Aufwand verbundenen Düngevarianten der Tab. 8 sind u. E. für die Praxis nicht empfehlenswert, da das größere Nährstoffangebot von jungen Ki-Bu-Kulturen nicht genutzt werden kann.

Wir müssen demzufolge mit einem finanziellen Aufwand von ca. 350,— DM rechnen, um ein geschlossenes Hochwachsen unserer Ki-Bu-Kulturen auf gefährdeten Standorten zu erreichen. Damit ist dann zugleich eine namhafte Förderung des Höhen- und Stärkenwachstums von Ki und Bu verbunden.

Diese im Zusammenhang mit der Kultur eingesetzten zusätzlichen Geldmittel können — je nach örtlichen Verhältnissen — teilweise oder ganz an Nachbesserungskosten eingespart werden. Im letzteren Falle ist die erzielte Zuwachssteigerung eine kostenlose Zugabe. Daß unter besonderen Umständen sogar erheblich mehr eingespart werden kann als eingesetzt wurde, zeigt das in vorliegender Arbeit behandelte Beispiel.

In diesem Zusammenhang sei noch auf 2 weitere Punkte hingewiesen:

Die Kulturpflege erfordert unter unseren standörtlichen Verhältnissen in den gedüngten Kulturen zunächst höheren Arbeits- und Geldaufwand; dafür kann sie aber — nach eingetretenem Dickungsschluß — früher eingestellt werden als in unbehandelten Vergleichsflächen. In summa summarum dürften sich dabei nach unseren bisherigen Beobachtungen zwischen gedüngt und ungedüngt keine nennenswerten Unterschiede im Gesamtaufwand ergeben.

Erwähnenswert ist außerdem die Tatsache, daß sich bei den N und P enthaltenden Düngevarianten die Bodenflora deutlich ver-

**Tabelle 8**

**Zusammensetzung, Auswirkung und Kosten der nach 4 Beobachtungsjahren erfolgreichsten Düngerkombinationen im Versuch II 8 b[1] Kohlplatz (FA Edenkoben)**

| Düngemittel | Düngung: Menge dz | Reinnährstoffe pro ha in kg: N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Ca O | Zuwachssteigerung gegenüber 0-Fläche in %**): Kiefer h | $i_{h68}$ | d | Sproßvol. ($d^2$ x h) | Buche h | Ø | Sproßvol. ($d^2$ x h) | Kosten DM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hyperphos + Kalkammonsalpeter | 10<br>5*) | <br>115 | 280 | | 80<br>90 | + 25 | *+ 49* | *+ 47* | *+ 170* | *+ 43* | *+ 25* | *+ 123* | 334,— |
| Hyperphos + Nitrophoska-blau-extra | 10<br>5*) | <br>60 | 280<br>60 | <br>85 | 80 | *+ 28* | + 41 | + 32 | + 123 | + 38 | + 13 | + 76 | 362,— |
| Hyperphos + Harnstoff + Patentkali | 10<br>4*)<br>5 | <br>185 | 280 | <br><br>140 | 80 | + 27 | + 39 | + 36 | + 135 | + 19 | + 25 | + 86 | 483,— |
| Hyperphos + Nitrophoska-blau-extra | 10<br>10*) | <br>120 | 280<br>120 | <br>170 | 80 | + 26 | + 46 | + 37 | + 137 | + 26 | + 13 | + 61 | 518,— |

*) in 2 Gaben (1965 u. 1967; vgl. Tab. 1)

**) Maximalwerte kursiv

ändert hat. Die auf den 0-Flächen im wesentlichen aus Beerkraut, Heide, Drahtschmiele und Birke bestehende „Unkrautvegetation" wurde nämlich durch starkes Auftreten von Weidenröschen und Salweide bereichert. Wir dürfen also hoffen, daß entsprechend gedüngte Kulturflächen — wenn sie nicht aus triftigen Gründen gezäunt werden müssen — zusätzliche Äsungsmöglichkeiten bieten und so die Verbißschäden reduziert werden können.

## 5. Zusammenfassung

Eine 1962 am Ostrand des Pfälzer Waldes, auf früher stark streugenutztem $s_m$-Standort begründete Ki-Bu-Kultur war bis zum Frühjahr 1965 durch Rot- und Rehwild sehr stark verbissen und drohte von Heide und Beerkraut überwachsen zu werden. Nach herkömmlichen Verfahren hätten — neben den Zäunungskosten — für Entheidung und Nachbesserung rund 1100,— DM zur Rettung der Kultur aufgewendet werden müssen. Eine entsprechende mineralische Düngung versprach u. U. ein rasches Herauswachsen der verbissenen Ki aus der gefährdeten bodennahen Zone, eine besondere Förderung der noch verbliebenen Bu-Beimischung und damit eine Rettung der Kultur mit möglicherweise geringerem finanziellen Aufwand als auf dem seither beschrittenen Wege. Als Nebeneffekt war eventuell eine allmähliche Beseitigung der Bodendegradation sowie eine Bereicherung der Bodenflora — mit dem Aspekt einer künftigen Verbesserung der Äsungsverhältnisse — zu erwarten.

Um die „entsprechende mineralische Düngung" ausfindig zu machen, haben wir 4 Versuche angelegt und die in Tab. 1 nach Art, Menge, Zeit und Kosten aufgeführten Düngemaßnahmen mit teils einfacher, teils doppelter Wiederholung erprobt.

Vier Vegetationszeiten nach der Versuchsanlage, d. h. im Herbst 1968, wurden in allen Parzellen Gesamthöhe, Länge der Jahrestriebe 1965 - 68, Stärke des 65er Höhentriebs bei Ki bzw. Sproßstärke 1 cm über dem Boden bei Bu gemessen und die Flächenmittel sowie die Abweichungen von den unbehandelten 0-Flächen errechnet (Tab. 5). Zum gleichen Zeitpunkt haben wir in allen Parzellen Nadelproben entnommen und analysiert (Tab. 3 u. 4) und von den erfolgreichsten Düngevarianten sowie den zugehörigen 0-Flächen Bodenproben gezogen und ausgewertet (Tab. 2). Zwischen den ertragskundlichen, nadelanalytischen und bodenkundlichen Daten ergaben sich bemerkenswerte Zusammenhänge (Tab. 7).

Zusammensetzung, Auswirkung und Kosten der nach 4 Beobachtungsjahren erfolgreichsten Düngerkombinationen sind in Tab. 8 zusammengestellt. Danach haben sich — zuwachsmäßig und finanziell betrachtet — besonders die beiden Varianten 10 dz Hyperphos + 5 dz KAS/ha sowie 10 dz Hyperphos + 5 dz Nitrophoska blau extra/ha bewährt.

Sie bewirkten bei einem Aufwand von rd. 350,— DM nicht nur namhafte Wuchssteigerungen bei Ki und Bu sondern ermöglichten auch ein geschlossenes Aufwachsen der Kultur; gleichzeitig verbesserten sich Bodenzustand und Bodenflora. Dabei lag der finanzielle Aufwand im Vergleich zum herkömmlichen Nachbesserungsverfahren um ca. 70 % niedriger, und der beträchtliche Zuwachsgewinn war kostenlose Zugabe.

Die Testuntersuchungen über die Astigkeit der Kiefer deuten darauf hin, daß NPK-gedüngte Kiefernkulturen im Flächendurchschnitt dickere Äste aufweisen als ungedüngte. Der bessere Höhenwuchs der gedüngten Kiefern ist offensichtlich mit größeren Aststärken gekoppelt (Tab. 6); andererseits schafft das geschlossene Aufwachsen der NPK-behandelten Kultur für die spätere natürliche Astreinigung günstigere Voraussetzungen. Ob diese bei unserem trocken-warmen Klima allerdings zur Erzeugung von Wertkiefern ausreichen, ist ungewiß; wir werden mit den hier bewährten Provenienzen — ob ungedüngt oder gedüngt — wahrscheinlich ohne künstliche Astung keine Starkholzzucht betreiben können.


**Summary**

Title of the paper: *On fertilizing pine-beech plantations.*

A 3 yrs old plantation of Scots pine and beech on a degraded sandstone soil was fertilized when the browsed plants were being suppressed by *Vaccinium* and *Calluna*. The applications (tab. 1) differed in effects on soil, needle composition and growth after 4 growing seasons (tab. 7). Two types with N and P (tab. 8) where the most successful financially and in volumes. Besides improvement of increment, soil condition and ground flora, a more uniform stand development resulted. The costs were with 350 DM/ha about 70 % lower than in the conventional practice of beating-up, and caused yield increase as a bonus.

NPK-application increases branch diameters, but also height growth (tab. 6). But the more uniform development creates better conditions for future natural pruning. It is uncertain that this will suffice for growing quality timber in the dry and warm climate, and artificial pruning may be essential.

E. F. Br.



**Résumé**

Titre de l'article: *Sur la fertilisation de plantations mélangées «pin sylvestre — hêtre».*

La plantation mélangée pin sylvestre hêtre avait été installée sur des sols du «Hauptbuntsandstein» où, antérieurement, la litière avait été très intensivement récoltée; trois ans après l'installation, les plants étaient très broutés et menacés en outre d'être dominés par les airelles et la callune. Les expériences ont été entreprises pour voir s'il était possible de remédier à cette situation par une fumure minérale au lieu des procédés très coûteaux employés jusqu'ici: enlèvement des vaccinium et Calluna et regarnis.

Quatre ans après l'installation de l'expérience, les types de fumures employés (tableau 1) avaient agi très diversement sur le sol, les aiguilles et la croissance (tableau 7). Pour la croissance, et sur le plan financier, les deux traitements ci-dessous paraissent à ce jour les plus intéressants (tableau 8) =

— 1000 kg/ha d'„Hyperphos" et 500 kg/ha de Kas (ammonitrate de calcium)
— 1000 kg/ha d'„Hyperphos" et 500 kg de „Nitrophoska-bleu-extra".

Pour un investissement de l'ordre de 350 DM, on obtient non seulement un substantiel gain de production pour le hêtre et le pin sylvestre mais aussi la fermeture du couvert; en même temps le sol et sa flore s'améliorent. Cet investissement est inférieur de 70 % environ au seul coût des regarnis traditionnels et le gain important de production est obtenu sans bourse délier.

Les mesures effectuées sur les branches des pins ont montré que, dans les plantations ayant reçu une fumure N P K, leur grosseur était en moyenne supérieure à celle mesurée dans des plantations non fertilisées. La croissance supérieure des pins fertilisés est apparemment liée à la grosseur des branches; par contre, le fait que le peuplement fertilisé soit fermé favorise l'élagage naturel ultérieur. Cependant on ignore si, sous notre climat chaud et sec, on pourra obtenir ainsi des pins de valeur; il paraît vraisemblable qu'avec les provenances actuelles — fertilisées ou non — il ne sera pas possible d'obtenir des bois de forte dimension sans élagage artificiel.

J. M.


## 6. Im Text angeführte Literatur


BAULE, H. u. FRICKER, C., 1967: Die Düngung von Waldbäumen. BLV. — BRUNING, D., 1959: Forstdüngung - Radebeul. — GUSSONE, H. A., 1963: Ergebnisse eines Düngungsversuches zu Kiefern auf nährstoffarmem Boden Norddeutschlands. AFJZ 134, 45 - 53. — GUSSONE, H. A., 1964: Faustzahlen für Düngung im Walde. BLV-Verl., München, Basel, Wien. — HAUSSER, K. et. al., 1969: Empfehlungen für das Planen, Anlegen, Behandeln und Auswerten

forstlicher Düngungsversuche. AFJZ 140, 121 - 132. — Kern, K. G., Lanz, W., Moll, W., 1970: Versuch einer integrierten Kulturbegründung. AFZ 587 - 89, 606 - 608. — Kern, K. G., Moll, W., 1970: Vorläufige Ergebnisse von 2 Düngungsversuchen in Kiefern-Buchen-Kulturen auf streugenutzten Buntsandsteinböden des Pfälzer Waldes. — AFJZ 141, 213 - 223, 239 - 244. — Knickmann, E., 1955: Die Untersuchung von Böden. Neumann, Radebeul und Berlin. — Krauss, H.-H., 1962: Die Anfangsentwicklung von Kiefernvollumbruchkulturen auf degradierten mittleren Sandstandorten nach Kalkmelioration und Düngung mit N, P, K und Mg. Tagungsber. Nr. 50, Ernähr. d. Waldb. u. Forstdüng., 117 - 134. — Linder, A., 1960: Statistische Methoden. Basel und Stuttgart. — Prodan, M., 1961: Forstliche Biometrie. BLV. — Schmidt, W., 1961: Anlage und statistische Auswertung von Untersuchungen. Hannover. — Seillac, P., 1962: L'application du diagnostic foliaire à la sylviculture landaise. Compt. Rend. Acad. Agric. France 48, 322 - 327. — Ulrich, B., 1968: Bodenbearbeitung und Düngung unter dem Gesichtspunkt der Waldernährung. AFZ 31, S. 547 ff. — Weber, E., 1961: Grundriß der biologischen Statistik. Jena. — Wehrmann, J., 1963: Die Beurteilung der Stickstoffernährung von Fichten- und Kiefernbeständen. AFZ. 32/33, 502 - 504. — Zöttl, H., 1964: Stickstoffdüngung in Kiefern- und Fichtenbeständen Bayerns. V. Congr. Mond. Fertil., 1 - 4.

# Markgenossenschaften und Waldeigentum im Licht neuerer Forschungen

Von K. Hasel, Göttingen

Forstgeschichtliche Forschung und Lehre wird von den für ihre Organisation Verantwortlichen nicht hoch bewertet. Sie gilt als Nebenfach und muß von den damit Betrauten neben zahlreichen anderen Wissenschaftsaufgaben bearbeitet werden. Sie muß immer wieder hinter drängenden Tagesaufgaben zurücktreten, dies alles obwohl die wenigen Forsthistoriker unablässig darauf hinweisen, daß die Forstgeschichte infolge der Langsamkeit des Waldwachstums eine ungleich aktuellere Bedeutung für die Lösung gegenwärtiger Aufgaben hat als etwa die Geschichte der Naturwissenschaften, der Medizin, des Landbaus und des Rechts. So kommt es, daß sie in nicht wenigen Fällen mit der Entwicklung der politischen, der Agrar-, Rechts- und Wirtschaftsgeschichte nicht Schritt gehalten hat und daher in forstgeschichtlichen Untersuchungen nicht selten Auffassungen wiedergegeben werden, die von den Fachhistorikern jener angrenzenden Gebiete bereits aufgegeben sind. Das gilt besonders für die Waldeigentumsgeschichte, die völlig neu untersucht und geschrieben werden müßte. Hier soll für ein Teilgebiet, die Frage der Markgenossenschaften, der neueste Stand des Wissens wiederzugeben versucht werden.

## 1.

Die ältere Lehre, welche noch die forstgeschichtlichen Werke des 19. Jahrhunderts beherrscht hat, ist folgende:

Als die Germanen auf ihren Wanderungen in das Gebiet des späteren Deutschland kamen und sich schließlich hier dauernd niederließen, war Privateigentum an Grund und Boden bei ihnen noch nicht entwickelt. Dieser war gemeinsamer Besitz des ganzen Volkes und wurde von allen gemeinschaftlich genutzt. Im Lauf der Zeit, nach Gründung fester Niederlassungen, wurde das Stammesgebiet in Gaue eingeteilt und diese wiederum in größere Verbände, welche die Bezeichnung Markgenossenschaften erhielten. Diese hätten jeweils größere Gebiete umfaßt; aus ihnen hätten sich dann später die einzelnen Dorfgemeinden losgelöst und verselbständigt. Schließlich kam es dahin, daß als Folge der Seßhaftigkeit Gebäude und Stallungen in Privateigentum übergingen. Die Feldmark in der Umgebung des Dorfes wurde den einzelnen Bauern zur Nutzung zugewiesen, blieb aber noch lange Zeit Eigentum der Gesamtheit. Erst nach der Völkerwanderung ging das Ackerland allmählich in Privateigentum der Bauern über.

Der Wald sei in germanischer Zeit gemeinsames Eigentum des ganzen Volkes gewesen, soweit er im Bereich der Nutzungsmöglichkeit lag. Nach Entstehung der Siedlungen sei er in das Eigentum größerer Verbände, der Markgenossenschaften, übergegangen. Der Markwald wurde von den Bauern gemeinschaftlich genutzt, den einzelnen Markgenossen standen Nutzungsrechte am Markwald zu. Anders als die Feldflur sei der Markwald noch viele Jahrhunderte gemeinschaftliches Eigentum der Markgenossen geblieben. So sei es auch zu erklären, wenn in späterer Zeit gemeinschaftliches Waldeigentum mehrerer Gemeinden an einem Wald bestanden habe, das oft erst im Anfang des 19. Jahrhunderts unter die einzelnen berechtigten Gemeinden aufgeteilt wurde.

Die Markgenossenschaften seien zunächst frei und unabhängig gewesen, sie hätten jedoch im Lauf der weiteren Entwicklung ihre Selbständigkeit verloren und seien in die Abhängigkeit von Grundherren geraten; so wurden aus ursprünglich freien Markgenossenschaften schließlich grundherrliche.

Die Schilderungen des Tacitus über die Agrarverfassung der Germanen wurden als Agrarkommunismus ausgelegt; jeder Bauer habe ursprünglich einen gleich großen Besitz an landwirtschaftlicher Fläche gehabt; erst allmählich sei diese frühere Gleichheit verloren gegangen.

Weiter wurde angenommen, daß bei den Germanen freie Bauern die Hauptmasse des Volkes bildeten, während die Zahl der Adeligen und Hörigen nicht bedeutend gewesen sei. Noch zu karolingischer Zeit hätten vollfreie Bauern die eigentliche Grundlage der Agrarverfassung gebildet. Dann sei aber eine wesentliche Verschiebung eingetreten, indem die freien Bauern massenhaft in ein Schutz- und Abhängigkeitsverhältnis zu einem Grundherrn getreten seien. Die Zersetzung der Markgenossenschaft durch die Grundherren habe sich in wenigen Jahrhunderten vollendet, und schließlich seien im Lauf des Mittelalters die freien Bauern ganz verschwunden. So erklärt es sich, daß der Markwald später unter die Oberaufsicht eines Grundherrn geriet und die Aufsicht über die Waldnutzung auf diesen überging.

## 2.

Es ist das Verdienst von Dopsch, die Dogmengeschichte dieser Markgenossenschaftstheorie untersucht zu haben (1). Der Verwaltungsjurist Justus Möser in Osnabrück hatte 1780 gelehrt, daß in den Markgenossenschaften seiner westfälischen Heimat Reste der altgermanischen Verfassungs- und Wirtschaftsverhältnisse fortlebten, und daß aus ihnen der germanische Staat hervorgegangen sei. Er griff auf Cäsar und Tacitus zurück und suchte bei ihnen nach Analogiestellen für den Vergleich mit der Gegenwart. Diese Thesen Mösers hat der Rechtshistoriker Eichhorn in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts verallgemeinert und daraus seine Theorie der Markgenossenschaften entwickelt; sein hohes Ansehen und die weite Verbreitung seiner Schriften haben bewirkt, daß diese in der Folge ein Eckpfeiler der deutschen Verfassungs- und Rechtsgeschichte geworden ist. Zwar wurden von Anfang an Einwände gegen die neue Lehre erhoben, unter anderen von so bedeutenden Historikern wie von Sybel und Waitz (1844), indem sie auf den Mangel aller ausdrücklichen Beweise für das Dasein von Marken vor der Völkerwanderungszeit hinwiesen und Zweifel äußerten an der rückschreitenden Forschungsmethode, die Quellenaussagen späterer Zeiten in viel frühere Zeiten zurückverlegte und eine juristische Konstruktion ablehnten, die lediglich aus verhältnismäßig späten Quellen schöpfte. Ungeachtet dessen führte die Autorität der Vertreter der Markgenossenschaftstheorie und deren scheinbar schlüssiger Aufbau ihr immer neue Anhänger zu. Sie bildete die Grundlage der zu ihrer Zeit die wissenschaftliche Meinung beherrschen-

den Werke von MAURERS (1854) und GIERKES (1868). Sie ist von da aus in die forstgeschichtlichen Handbücher von BERNHARDT (1872) und SCHWAPPACH (1886) übergegangen. Sie war bis in die dreißiger Jahre dieses Jahrhunderts ausschlaggebende Grundlage der Verfassungs-, Rechts- und Wirtschaftsgeschichte und damit auch Ausgangspunkt der forstgeschichtlichen Lehre über die Entwicklung des Waldeigentums. Freilich sind die Zweifel an der Markgenossenschaftstheorie nie verstummt. FUSTEL DE COULANGES (1875) lehrte in Abkehr von der herrschenden Meinung, daß die Germanen keine Nomaden, sondern seßhafte Ackerbauern waren. Der Jurist und Nationalökonom HILDEBRAND bezeichnete die Markgenossenschaftstheorie 1896 schlichtweg als „Hirngespinst der Gelehrten". Über diese und die weitere Entwicklung hat HANS HAUSRATH in sehr subtiler Weise im Jahr 1917 in dieser Zeitschrift berichtet (2). Seitdem sind weitere grundlegende Arbeiten zur Markgenossenschaftsfrage, unter vielen anderen der Historiker DOPSCH (1), LÜTGE (3), WELLMER (4) und BADER (5) veröffentlicht worden; sie lassen die Markgenossenschaften in völlig neuem Licht erscheinen. Sie haben bewirkt, daß die Markgenossenschaftstheorie, wie sie durch VON MAURER und seine Nachfolger gelehrt wurde, aufgegeben werden mußte. Sie ist heute nicht mehr als eine auf falscher Auslegung der Quellen beruhende gelehrte Hypothese. Sie ist auf Grund der Ergebnisse der Vorgeschichtsforschung ganz unhaltbar geworden; diese hat uns ebenso wie die Pollenanalyse von den oft unklaren, mißverständlichen und mißverstandenen Äußerungen der römischen Schriftsteller frei gemacht und einer völlig neuen Betrachtung der Verhältnisse Germaniens den Weg gewiesen. Leider ist der Aufsatz von HAUSRATH, während des ersten Weltkrieges erschienen, und ein jüngerer (1953), darauf aufbauender von R. B. HILF (6) von den Forstleuten kaum zur Kenntnis genommen worden. So kommt es, daß die alte Lehre von den Markgenossenschaften, obwohl überholt und von den Historikern als falsch erkannt, in Arbeiten von Forstleuten immer noch zu finden ist.

Als völlig unhaltbar hat sich mit Bezug auf die germanische Zeit die sog. Nomadentheorie erwiesen. Es ist ein gesichertes Ergebnis der Vorgeschichtsforschung, daß Ackerbau und Viehzucht und damit auch Seßhaftigkeit der Bevölkerung mindestens seit der jüngeren Steinzeit in Mitteleuropa verbreitet sind (7, 8). Die viel zitierte Stelle bei Caesar „agriculturae minime student", auf welche die ältere Lehre sich stützte, bezieht sich nur auf die damals im Kriegszustand und auf Wanderung befindlichen Sueben und bezeichnet daher eine Ausnahme. Allgemein wird seßhafte Lebensweise der Germanen angenommen.

Unhaltbar ist auch die in der Aufklärung des 18. Jahrhunderts wurzelnde Lehre von der ursprünglichen Gleichheit der Germanen. Der Vorgeschichtsforschung entnehmen wir die Feststellung, daß die fast allein landwirtschaftlich orientierte Jungsteinzeit keine nennenswerte soziale Differenzierung entwickelt hat (8). Die Verwendung des Metalls steigerte die Bedeutung des Besitzes und schuf die „Voraussetzungen für eine auf wertbeständigen Besitz sich stützende Differenzierung unabhängig von der landwirtschaftlichen Nahrungsproduktion. Es ist kein Zufall, wenn sich in der frühen Bronzezeit die ersten deutlichen Zeugnisse für die Entstehung einer sozial stärker herausgehobenen Schicht einstellten".

Aus der jüngeren Hallstattzeit des 6. und frühen 5. Jahrhunderts ist eine ausgesprochene Fürstenkultur mit Fürstengräbern und Fürstensitzen überliefert. Auch aus der Frühlatènezeit, also von der Mitte des 5. bis zum Ende des 4. Jahrhunderts kennt man am Mittelrhein eine soziale Herrenschicht, deren Angehörige in ähnlich fürstlich ausgestatteten Gräbern bestattet wurden. „Im Bericht Caesars lernen wir bei den Kelten eine scharf berufsständisch und politisch gegliederte Gesellschaft mit einer mächtigen, auf beträchtlichen Besitz und große Klientel sich stützende Adelsschicht und Kleinkönigen kennen (z. B. der Häduer Dumnorix). Trotzdem ist eine einheitliche Entwicklung nicht festzustellen: „Auf Zeiten mit offenbar gleichförmiger Sozialstruktur folgen Epochen scharf strukturierter Schichtenbildung; diese vergehen wieder und machen einfacher wirkenden Formen Platz" (8).

Die soziale Gliederung der Germanen war nach Ausweis der historischen Quellen schon in der Zeit des Tacitus sehr vielgestaltig. Es gibt Stände: Adel (nobiles), Volksfreie (liberi) und Unfreie (servi), deren Grenzen jedoch nicht starr geschlossen sind. Auch der Adel ist in sich geschichtet bis hinauf zu Gaufürsten oder Volkskönig. Wo neues Land erobert wird, erfolgt die Aufteilung nicht in gleichen Losen, sondern nach der sozialen Stellung („secundum dignationem", Tacitus). Es gibt also keine gleiche Ausstattung aller Bauern mit Landbesitz, sondern nur eine starke Differenzierung (9). Damit ist eine weitere Stütze der Markgenossenschaftstheorie gefallen.

### 3.

Aber auch die schriftlichen Quellen sind häufig falsch interpretiert worden, indem man das hineinlegte, was man meinte, darin finden zu müssen.

Aus den Nachrichten bei Caesar hat die ältere Forschung ableiten wollen, daß bei den Germanen Sondereigentum an Grund und Boden fehlte und nur Gesamteigentum vorhanden war. Sie stützte sich dabei auf zwei Stellen, wo es von den Sueben (IV 1) heißt: „Privati ac separati agri apud eos nihil est" und von den Germanen allgemein (VI 22): „Neque quisquam agri modum certum aut fines habet proprios". Aber in beiden Fällen handelt es sich um einen durch längere Kriegszeiten hervorgerufenen Ausnahmezustand und nicht um den Normalfall.

Eine wichtige Stütze der Markgenossenschaftstheorie bildete lange Zeit die 150 Jahre jüngere Schilderung in Tacitus Germania (c. 26), wobei der wenig klare Wortlaut der Auslegung weiten Raum ließ und geradezu „einlud, aus der späteren Entwicklung das hineinzuinterpretieren, was zu ihr zu passen schien — oder noch fehlte" (1). Man muß, um Tacitus zu verstehen, von römischen Verhältnissen ausgehen, die er mit den germanischen vergleichen wollte, und nicht von späteren deutschen. Die fragliche Stelle lautet: agri pro numero cultorum ab universis vicinis (andere Leseart: invicem) occupantur, quos mox inter se secundum dignationem partiuntur; facilitatem partiendi camporum spatia praestant. arva per annos mutant, et superest ager.

Indem man „agri" mit „Mark" und „universis" mit „Markgenossen" gleichsetzte und statt vicinis das schwer verständliche invicem las, glaubte man einen ausreichenden Beweis für ein hohes Alter der Markgenossenschaften zu besitzen. Es handelt sich offenbar um die Schilderung der ersten Besitznahme, also der Aneignung zuvor herrenlosen Landes. Man nimmt heute (10) an, daß „agri" das zum Anbau bestimmte Land bedeutet, und daß Tacitus mit „universis" den Gegensatz zu den römischen Verhältnissen betonen wollte, wo sich die Latifundien in der Hand einiger Weniger befanden: Nicht einzelne, wie die römischen Grundherren, eignen sich die agri an, sondern alle haben daran teil! Hätte Tacitus von Gesamteigentum oder wenigstens von gemeinsamer Feldbestellung sprechen wollen, hätte er sich anders ausgedrückt. Das „occupare" kann nicht, wie die ältere Lehre meinte, als „in Anbau nehmen", sondern nur als „in Besitz nehmen" gedeutet werden. Die größte Schwierigkeit bot die frühere Leseart „invicem", das bei Caesar „abwechselnd" und bei Tacitus „gegenseitig" heißt. DOPSCH (1) legt die Stelle so aus, daß die occupatio von allen Germanen (= gegenseitig) und nicht nur zur Bereicherung einiger weniger vorgenommen wurde. Heute folgt man mehr der Deutung von HILDEBRAND (1897), der „vicinis" liest und damit die „universi" näher bestimmt. Wir erfahren demnach, daß das zum Anbau bestimmte herrenlose Land von allen Dorfgenossen gemeinsam (und nicht nur von einigen wenigen) in Besitz genommen wird. Sie teilen dieses alsbald (mox) entsprechend der gesellschaftlichen Stellung des Einzelnen unterein-

ander auf. Die hier bezeugte Realteilung widerspricht der Annahme eines einheitlichen Gesamteigentums. Das ergibt sich auch aus dem folgenden Satz „facilitatem partiendi ...".

Der anschließende Satz „arva per annos mutant" ist weder ein Beleg für jährlichen Wechsel der Siedlungen noch für Dreifelderwirtschaft, wie man gemeint hat. Es heißt weder „per annum" (jedes Jahr) noch „per singulos annos", sondern schlicht „per annos" = im Lauf der Jahre. Der Wechsel der dem Ackerbau gewidmeten Flächen nach ihrer Erschöpfung entspricht dem damaligen Stand des Landbaus. „et superest ager" deutet auf die extensive Landbewirtschaftung der Germanen hin im Gegensatz zu der intensiven römischen Wirtschaft. Alle diese Stellen können weder als Belege für das Fehlen von Sondereigentum noch für das Nomadentum der Germanen angeführt werden, noch läßt sich daraus ableiten, daß die Germanen alle gleichberechtigt an Grund und Boden waren. Es ist den Quellen auch nichts zu entnehmen, was auf gemeinschaftliche Feldbestellung durch einander gleichgestellte Genossen schließen ließe. Der später bezeugte Flurzwang ist vielmehr Ergebnis grundherrschaftlicher Einflüsse.

Aus all dem ergibt sich, daß die Voraussetzungen, auf denen die Markgenossenschaftslehre des 19. Jahrhunderts beruhte, nicht zutreffen. Sie findet in den Quellen keine Stütze und ist lediglich eine gedankliche Rekonstruktion auf Grund viel späterer Nachrichten. Diese Vorstellungen sind vor allem durch geschichtstheoretische Erwägungen unter dem Einfluß der französischen Revolution, der Freiheitskriege, der Bauernbefreiung und der Romantik (Gleichsetzung Franken = Freie) zustande gekommen (1). In Wirklichkeit berichtet weder Caesar noch Tacitus oder ein anderer Römer irgendetwas von Markgenossenschaften bei den Germanen, obwohl es Tacitus besonders darauf ankam, das herauszuarbeiten, was den Germanen eigentümlich und von römischen Verhältnissen verschieden war (1).

### 4.

Der Begriff Mark (marca) taucht erstmals in den schriftlichen Quellen der Karolingerzeit und zwar sehr zahlreich auf. Was hat man damals darunter verstanden? Sprachforscher (11) und Historiker (12, 3, 5) sind darin einig, daß das Wort marca, das ursprünglich Grenz*punkt* und das ihn bestimmende Grenz*zeichen*' bedeutet, sich in einem vielfältigen Entwicklungsprozeß zu der mit Grenzzeichen versehenen *Grenze*, zu Grenz*raum* und Grenz*land* (Markgrafschaft) ausgeweitet hat, daß es das von der Grenze umschlossene *Gebiet*' und schließlich überhaupt „*zugehöriges Gebiet*" bezeichnet. Auffallend ist die allmähliche Ausdehnung des Wortes Mark vom Punkt und schließlich der Linie auf eine größere Fläche, vom Grenz*saum* und dem sie häufig bildendem Grenz*wald* auf die gesamte *Dorfflur* und zuletzt im Hochmittelalter auf die das gesamte Gebiet der Gemeinde umfassende *Dorfmark*. „Mark wird zur Pertinenz des Dorfes, wenn die Siedlungen dichter und extensiv genutzte Flächen zum Nutzraum des engeren Dorfbereiches, zur Gemarkung werden" (5).

Schon WAITZ hatte darauf hingewiesen und DOPSCH griff es wieder auf (12), daß Mark in den Quellen der Karolingerzeit häufig Waldgebiete bezeichnet; es ist dann nicht selten von marca silvatica oder marca silvae, von waltmarca oder holzmarcha die Rede. Als Inhalt der Marken werden aber auch Ackerland und Weingärten, also Sondereigentum, bezeichnet. Auf der anderen Seite hören wir von marca communis oder silva communis. Es gab also eine gemeine Mark, an der eine Mehrzahl von Personen Nutzungsrechte hatten. Dieses Nutzungsrecht und die damit verbundenen Nutzungsanteile zu einem Gesamteigentum der berechtigten Genossen an Grund und Boden umzudeuten, wie es die lange Zeit herrschende Lehre getan hatte, ist seit WAITZ von vielen Forschern bestritten worden. Wie die Quellen zeigen (12), konnten die einzelnen Grundeigner über ihren Anteil an der Nutzung des Gemeinlandes frei verfügen. „Nirgends ist ersichtlich, daß die Zustimmung anderer Anteilsberechtigter hierzu notwendig war, was man erwarten müßte, wenn eine geschlossen organisierte Markgenossenschaft mit Gesamtrecht vorhanden gewesen wäre." In den vielen Tausenden von Schenkungs- und Traditionsurkunden, in welchen einzelne Teile der Feldmark mit den Anteilen an der gemeinen Mark geschenkt werden, sind nur äußerst selten die vicini erwähnt und zwar als Auskunftspersonen und Zeugen, nicht zum Zweck der Zustimmung. Eine Anfechtung solcher Schenkungen erfolgt zwar durch heredes und coheredes, aber nie von den Gutsnachbarn oder gar von einer Gesamtheit, einer Markgenossenschaft. Denn diese wäre am ehesten berufen gewesen, der Veräußerung, dem Tausch und der Teilung der Güter zu steuern, welche die ursprüngliche Gleichheit der Markgenossen beseitigt hätte. Nirgends findet sich eine Lebensäußerung einer solchen Markgenossenschaft (13, 12). Auch in den zahlreichen Streitigkeiten wegen Anteilsrechten an der Mark erscheinen als Streitgegner niemals Markgenossen, sondern je nachdem eine Grundherrschaft, der Fiskus oder ein Kloster (12, 13).

DOPSCH sieht den Grundirrtum der älteren Forschung darin, daß sie überall dort, wo in den Quellen von „Marken" die Rede war, sofort auch geschlossene Siedlungsbezirke einheitlicher Markgenossenschaften angenommen hat (1).

Zu den Kronzeugen der Lehre von den altfreien Markgenossenschaften gehört Titel 45 De migrantibus der Lex Salica. Allein auch da wird der unbefangene Leser im Wortlaut des Textes vergebens etwas suchen, was auf eine Markgenossenschaft als festgefügten Verband und Eigentümerin des vom Zuwanderer betretenen Bodens deutet. Nach DOPSCH und vielen anderen hat jüngstens der Rechtshistoriker K. S. BADER eine gründliche Analyse der strittigen Stelle Si quis super alterum in villa migrare voluerit si unus vel aliqui qui in villa consistunt eum suscipere voluerit vel si unus exteterit qui contradicat migranti ibidem licentiam non habebit. Si vero quis migraverit et intra XII menses nullus testatus fuerit securus sicut et alii vicini maneat vorgenommen (5). Der Sinn ist trotz des barbarischen Latein klar: Einer will in die villa zuziehen und an der Bodennutzung teilnehmen. Die Dorfbewohner (qui in villa consistunt, auch als alii vicini bezeichnet) müssen sich darüber klar werden, wie sie sich zu dem Ansinnen verhalten wollen. Die Gesetzesbestimmung will die Frage regeln, wie es steht, wenn sich die vicini nicht einig sind. Die Antwort lautet, daß der Widerspruch eines Einzigen (si vel unus extiterit) den Zuzug verhindert. Wenn der Zugezogene aber ein Jahr lang ungestört sitzt, ist ein Einspruch nicht mehr zulässig. Daraus auf eine Markgenossenschaft zu schließen, die Gesamteigentümerin der villa (nicht einmal einer marca) sein soll, ist seit VON INAMA und DOPSCH immer wieder bestritten worden. „Man muß schon recht kühn Spätformen hinzu halten, um zu einer — das Ergebnis anticipierenden — Auslegung zu gelangen" (5).

Daraus ist zu folgern, daß Zeugnisse für das Bestehen von Markgenossenschaften in der Karolingerzeit nicht zu finden sind. Inzwischen hat eine jüngere Generation von Historikern erkannt, daß dem jahrzehntelangen Streit nur zu begegnen ist, indem „man sich immer und immer wieder anhält, ständig auf die Quellen zurückzugehen und sich nicht durch gedankliche Konstruktionen verleiten zu lassen, über Aussagen der Quellen hinwegzugehen oder vorschnell zu verallgemeinern" (3). Diesen Weg hat LÜTGE 1937 beschritten, als er sich ein Untersuchungsgebiet mit Thüringen als Kernland auswählte, das im Norden durch das Land zwischen Harz und Saale etwa bis Halle, im Süden etwa durch den Main, im Westen durch das Eichsfeld, das Werragebiet und das Rhönland begrenzt wird. Für dieses Gebiet ist kennzeichnend, daß hier jeder römische Einfluß und die störenden Auswirkungen der Völkerwanderungszeit fehlen und die alten Besitzformen weitgehend erhalten geblieben sind. Er kommt zu dem Ergebnis, daß zu der Zeit, in der im Untersuchungsgebiet urkundliche Nach-

richten einsetzen, das Wort Mark in der Mehrzahl der Anwendungen bereits den bewohnten, der Kultur erschlossenen Bereich, die Dorfflur, bezeichnet. Der alte Inhalt des Begriffs Mark als in Niemandes Eigentum stehendes Gebiet (zumeist Wald) hat sich aber noch bis ins 9. Jahrhundert und darüber hinaus erhalten, „wo Siedlungen am Rand von großen Waldgebieten lagen, in die hinein die Besiedlung vorgetragen wird. Waldeinwärts konnte dabei die Grenze noch lange im Ungewissen liegen. Früher oder später aber mußte der Tag kommen, an dem die Interessengebiete aufeinanderstießen und man dann freiwillig oder nach Anrufen des Königs oder Grafen mit obrigkeitlicher Hilfe eine feste Grenze zog; damit wurde dann die Grenze als Saum zur Grenze als Linie. Es war dabei gar nicht gesagt, daß das Gebiet eines Dorfes dadurch mit einem Mal nach allen Himmelsrichtungen hin fest begrenzt wurde; es sind sehr gut Übergangslagen denkbar, bei denen nach einer oder mehreren Seiten hin die Grenze noch im Unbestimmten verlief. Eine Lage am Waldessaum brachte eine solche Situation am ehesten mit sich, denn bei ihr trat wohl als erstes das Bedürfnis auf, eine feste Abgrenzung nach den benachbarten Dorffluren hin zu unternehmen, und erst später kam die Grenzziehung im Walde hinzu, wenn von dort aus andere Siedlungen näher rückten." Lütge meint, daß eine nach einer Seite ungewisse Grenze jener Zeit nichts Fremdes war und verweist auf die neugegründeten Bistümer des östlichen Reichsgebiets; nach den christlichen Ländern zu hatten sie feste Grenzen, gegenüber den heidnischen Gebieten fehlten sie. Eine Abgrenzung nach Osten aber wurde dann erforderlich, als im Osten neue Bischofssitze begründet wurden, also entsprechend der gleiche Vorgang wie bei den Siedlungen. Erst nachdem nach allen Seiten feste Grenzen gezogen sind, verliert das Wort marca die innewohnende alte Bedeutung und wird zur Dorfflur.

Lütge stellt fest, daß es urkundliche Nachrichten über Markgenossenschaften aus der Karolinger- oder gar einer noch früheren Zeit nicht gibt, „sie begegnen uns in seltenen Fällen frühestens im 12. Jahrhundert und sonst eigentlich erst im 15.-16. Jahrhundert". Was allein feststeht, ist das häufige Vorkommen des Wortes Mark in mannigfaltiger Bedeutung. Lütge folgert aus den Quellen des frühen Mittelalters in seinem Gebiet, daß es damals am Wald keine genossenschaftlichen Nutzungsrechte und genossenschaftliches Eigentum im Sinn der älteren Lehre gegeben hat. Er betont das Recht des freien Mannes, durch einen Akt der Okkupation in Gebieten, die noch nicht in jemandes Eigentum stehen, Nutzungen vorzunehmen, warnt aber davor, solche freien, ungeregelten Nutzungsrechte mit der Annahme eines Gesamteigentums und einer Genossenschaft als dessen Träger zu verbinden; es liege kein Zwang vor, Eigentumsrechte anzunehmen, nur weil Nutzungsrechte da sind. „Rein aus der Tatsache heraus, daß die Bauern, die irgendwo siedeln, den ringsherum gelegenen Wald nutzen, daß sie ihr Vieh hineintreiben, die sich wild bietende Weide gebrauchen, daß sie sich bei Bedarf Holz, Streu oder Futter aus der Mark holen, daß sie darin roden oder ihre nachgeborenen Söhne darin roden lassen, daß sie jagen und fischen, all das ist noch nicht ein Beweis für das Vorhandensein einer Markgenossenschaft, Voraussetzung dafür ist, daß so etwas wie eine rechtliche Organisation geschaffen wird, wenn auch in noch so loser Form, also namentlich auch eine Regelung der Nutzung. Damit zusammenhängend und das eben genannte Moment erst bedingend ist eine andere Voraussetzung: Das Entstehen eines Eigentumsbegriffs. Man kann es so formulieren: Die Markgenossenschaft setzt ein Lebendigwerden von Eigentumsrechten an der Mark voraus, sei es, daß dieses Recht vom König oder einem sonstigen geistlichen oder weltlichen Grundherrn in Anspruch genommen und den Bauern verliehen wurde, sei es daß die freien Bauern eines Dorfes sich dieses Recht selbst beilegen". LÜTGE meint, daß „der Zwang oder wenigstens die Veranlassung zu einer solchen Organisation in der Regel erst im Lauf der Entwicklung entstand, wenn das Land knapper zu werden begann und die Interessengebiete näher rückten, das Verlangen nach Abgrenzung erweckend. So steht denn die Ausbildung der Markgenossenschaften in Zusammenhang mit der Herausbildung der Siedlungen; sie steht weiter in Zusammenhang mit der Herausbildung der Grundherrschaften, da von diesen ja Expansionsbestrebungen ausgingen, denen gegenüber der Wunsch entstehen mußte, eine Abgrenzung zu finden, womit notwendig der Eigentumsgedanke lebendig werden mußte." Die Herausbildung einer linearen Grenze ist im Untersuchungsgebiet „Ergebnis einer Entwicklung, deren Beginn in das Karolingerzeitalter fällt, aber in dieser Periode noch längst nicht abgeschlossen ist". LÜTGE meint, daß die Entstehung einer Markgenossenschaft ein Dichterwerden der Bevölkerung und ein Zusammenschrumpfen des freien Urwalds voraussetzt. „Die Genossenschaft, die sich dann herausbildete, war aber die des Dorfes, nicht eine größere, eine ‚Mark' im alten Sinne umfassende Organisation." Das bedeutet aber, daß das Alter dieser vom Dorf ausgehenden Markgenossenschaften sehr viel jünger ist. „Sie hat sich erst in historischer Zeit entwickelt, langsam und mit großen lokalen Unterschieden, als die Besiedlung sich so verdichtet hatte, daß sich die Abgrenzung der Dorfgemarkungen herausbildete und die Bereiche an Wald, Weide und Gewässer innerhalb der Dorfgemarkung, die nicht Privateigentum waren, zur Allmende wurden, die im Gesamteigentum der Dorfgenossen stand, und nun von dieser Genossenschaft, die jetzt ins Leben trat, verwaltet werden mußte. Es hat Jahrhunderte gedauert, ehe dieser Entwicklungsprozeß sich allgemein durchgesetzt hatte, und es ist auch vorgekommen, daß mehrere Gemeinden, wohl weil sie sich über die Zugehörigkeit eines bestimmten Waldes nicht einigen konnten, dazu kamen, diesen zu gesamter Hand zu besitzen und zu nutzen. Hier sind die Anfänge jener Markgenossenschaften zu suchen, die uns später in den Quellen entgegentreten. Wo wir später eine Gruppe von Dörfern im gemeinsamen Besitz einer Mark finden, ist darin keine besonders alte, sondern eher eine jüngere Bildung zu erblicken." Es kann sein, daß von einem bestimmten Mutterdorf aus in der Dorfmark Tochtersiedlungen angelegt wurden, oder ein Grundherr hatte einer Gruppe von Dörfern Nutzungs- oder Besitzrechte verliehen oder sich in dieser Form mit Bauernschaften verglichen, die vielleicht auch Ansprüche auf ein bestimmtes Gebiet erhoben. „Zu einem bestimmten Dorf gehöriges Gemeinland ist somit in der Regel als ältere Bildung aufzufassen und gemeinsame Rechte einer Gruppe von Dörfern — das, was man eigentlich unter Markgenossenschaften versteht — als jüngere, erst darauf aufbauende Form."

„Natürlich erfolgten diese Bildungen ganz in der Stille und ganz allmählich; es ist wohl selten ein genauer Gründungstag anzugeben, nicht nur weil uns da unser Material im Stich läßt, sondern einfach weil diese Bildungen oft genug so „leise" erfolgten, daß auch die Zeitgenossen sich zumeist gar nicht klar darüber gewesen sein dürften, welche Konsequenz darin lag, wenn man anfing, feste Grenzen anzuerkennen und die wilde Nutzung zu regeln. Irgendein Anlaß — wohl oft genug ein Zwist — wird den Anstoß gegeben haben, vielleicht erst zu Einzelregelungen von Fall zu Fall, zu Schlichtungsverhandlungen und Vorbeugungsmaßnahmen, bis dann allmählich sich ein Gebilde herauskristallisierte, das man Genossenschaft zu nennen berechtigt ist, und dem dann auch ein Obereigentumsrecht zur gesamten Hand zukam, in einigen Fällen an einem Gebiet, in das mehrere Dörfer sich teilten, in den meisten Fällen wohl lediglich auf das ungeteilte Land der heimatlichen Dorfflur bezogen. Immer aber war die Dorfgemeinde der Träger, nicht eine überlokale Markgenossenschaft".

LÜTGE stellt die Frage, welchen Sinn es haben soll, das Vorhandensein besonderer Markgenossenschaften als allgemeine Erscheinung zu konstruieren, wenn die Dorfgemeinde Trägerin aller Rechte ist und bei den späteren, mehrere Dörfer umfassenden

Bildungen als Glieder der Genossenschaft nicht die einzelnen nutzungsberechtigten Bauern auftreten, sondern die einzelnen dörflichen Gemeinden.

Zusammenfassend führt LÜTGE aus: „Wohl hat es schon von frühester Zeit hier Nutzungen an nicht im Privatbesitz befindlichem ‚Markland' gegeben; das forderte einfach die bäuerliche Wirtschaft, die auf Ergänzung durch das, was Wald und Weide boten, angewiesen war; aber es gab kein Eigentumsrecht einer Gesamtheit (Genossenschaft) und keine Regelung durch eine solche, wie es der Kerngedanke der alten Lehre ist. Diese Nutzungen waren frei, und von einer Genossenschaft kann keine Rede sein. Diese bildete sich erst später heraus, als die Besiedlung dichter wurde, die Marken fest abgegrenzt wurden und nun das Erfordernis auftrat, die Nutzung in dem Gebiet der Dorfflur zu regeln, soweit sie sich nicht in Privateigentum befand. Diese Genossenschaft knüpfte also an das Dorf an, nicht an eine ältere, ein weiteres Gebiet umfassende Bildung".

Über das Alter der Markgenossenschaften sagt LÜTGE folgendes: „Niemand wird je auf den Gedanken kommen, die Entstehung der Mark falle zusammen mit ihrer ersten urkundlichen Erwähnung. Aber das berechtigt noch immer nicht, diese Gebilde, von denen wir zumeist erst im späteren Mittelalter nähere Kunde haben, ohne jede wirklich stichhaltige Beweise in eine 1 - 1½ Jahrtausende ältere Zeit zu verlegen. Auch treten uns die Markgenossenschaften in diesen ersten Nachrichten keineswegs als erstarrte, in ihrer Entwicklung abgeschlossene Gebilde entgegen, wie das bei Überresten aus grauer Vorzeit erwartet werden müßte, sondern es handelt sich um Bildungen, die durchaus im Fluß und weiteren Ausbau begriffen sind. Im Verlauf dieses Entstehungsprozesses kam erst allmählich ein Zeitpunkt, an dem man das, was sich als Rechtszustand herausgebildet hatte, niederschrieb, um sie zu fixieren. Gewiß sind die Markgenossenschaften älter als der Zeitpunkt, zu dem uns ihre Bräuche bezeugt sind, aber sie sind doch nicht so alt, daß sie in die ‚Urzeit' zurückreichen. Vor dem 9./10. Jahrhundert frühestens wird man ihre Ausbildung in unserem Gebiet in den ersten Vorkommen kaum ansetzen können".

Ohne auf die schwierige Frage der Grundherrschaft hier näher einzugehen, sei wenigstens erwähnt, daß LÜTGE bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis kommt, daß es neben der grundherrlichen Mark, die z. B. durch Rodung entstanden sein konnte, auch Markgenossenschaften freibäuerlichen Ursprungs gab, und sich ein Stand freier Bauern über die Karolingerzeit hinaus erhalten hat. Grundherrliche Verhältnisse können dadurch entstanden sein, „daß sich Menschen finden, die ohne persönlichen Zwang, also als persönlich Freie sich bereit finden, an einen anderen Menschen für die Nutzung von Boden Abgaben zu zahlen oder bestimmte Arbeitsverpflichtungen zu übernehmen. Das wird aber nur der Fall sein, wenn der Boden relativ knapp ist oder wenn die Gewinnung neuen Kulturbodens (durch Rodung, Entsumpfung usw.) mit eigener Kraft dem Landsuchenden so viel Mühe verheißt, daß er es vorzieht, gegen Übernahme grundherrlicher Abgaben aus der Hand eines anderen anbaureifes Land zu übernehmen." Andererseits konnte es auch dazu kommen, daß im altbesiedelten Land mehrere Dörfer sich bei der Grenzziehung ohne obrigkeitliche Einmischung einigten. Das deutet darauf hin, daß die ursprünglich grundherrliche Markgenossenschaft mehr in den spät besiedelten Gebieten, die ursprünglich freie Markgenossenschaft dagegen möglicherweise mehr in den Gebieten der Frühsiedlung zu finden ist.

### 6.

Unabhängig von LÜTGE und fast gleichzeitig hat WELLMER (4) die Geschichte der Waldgenossenschaft des Vierdörferwaldes, in den Schwarzwaldvorbergen etwas nördlich von Freiburg gelegen, an Hand der Quellen untersucht. Dabei zeigt sich, daß die beteiligten vier Gemeinden älter sind als die genossenschaftliche Organisation, die erst im 13. Jahrhundert nachweisbar ist. Die Gemeinden haben in der Zeit nach der Landnahme den Wald genutzt „mit keinem anderen Recht als dem natürlichen Nutzungsrecht am herrenlosen Wald; in dieser Zeit von Waldeigentum zu sprechen, wäre verfehlt. Die Bauern haben sich lange Zeit mit ungeregelter Nutzung begnügt. Erst als der Adel im Osten des Waldes neue Siedlungen anlegte, wurden die Interessen der Dörfer bedroht. Damit mußte es zu einer Abgrenzung der Nutzungsbereiche kommen. Seit 1269 ist ein selbständiges Handeln der Dörfer in Angelegenheiten ihres Vierdörferwaldes und damit eine freie Markgenossenschaft sicher nachzuweisen. Aber dieser Zusammenschluß nutzungsberechtigter Gemeinden war nie ein freier Verband einzelner Markgenossen; vielmehr schiebt sich die jeweilige Dorfgemeinde mit ihrer Allmende zwischen den einzelnen berechtigten Dorfgenossen und die Waldallmende. Der Einzelne hat kein persönliches Recht an der Waldallmende, sondern nur ein von der Zugehörigkeit zur Allmendgemeinde abgeleitetes. Die Gemeinden behalten in ihrem ‚Zweckverband' volle gemeindliche Selbständigkeit. Der Vierdörferwald ist demnach keine Genossenschaft freier Landleute, sondern eine auf spätem Zusammenschluß von Dorfschaften beruhende freie Genossenschaft."

WELLMER kommt zu dem Schluß: „Es hat, wir können nicht daran zweifeln, seit der Jahrtausendwende eine freie Markgenossenschaft des Vierdörferwaldes gegeben. Sie hört erst auf zu bestehen, als der Wald 1838 endgültig unter die vier Dörfer geteilt wird. Aber es hat keine Markgenossenschaft der vier Dörfer seit der Landnahme gegeben. Wir möchten vielmehr unsere Auffassung dahin zusammenfassen, daß Markgenossenschaften das Ergebnis einer Zeit sind, in der die hergebrachte Nutzung der ‚Marken', die keinen ‚Eigentümer' hatten, durch fortschreitende Kolonisierung und die mit ihr verbundene Gefährdung bis dahin selbstverständlicher Nutzungsrechte eine Abgrenzung der Nutzungssphären erforderlich machte. Der Vorgang mag sich hier und da früher oder später abgespielt haben: wir glauben aber nachgewiesen zu haben, daß es eine freie Markgenossenschaft tatsächlich gegeben hat, die sich in unserem Falle um die Jahrtausendwende durch Abgrenzung gegen herrschaftliche Rodungen gebildet hat. Vier Allmendgemeinden haben ihre Ansprüche gegen neue Siedlungen — freilich unter gewissen Opfern — zu wahren gewußt, indem sie sich zu einer Waldgenossenschaft zusammenschlossen: der Waldgenossenschaft des Vierdörferwaldes."

### 7.

Zuletzt hat der ehemalige Freiburger und jetzige Züricher Rechtshistoriker K. S. BADER das Ergebnis jahrelanger Quellenstudien in süddeutschen Archiven in dem 1962 veröffentlichten Buch „Dorf und Dorfgenossenschaft" (5) bekanntgegeben. Er bestreitet die noch immer nicht ganz ausgetilgte Meinung, es habe „einen Urverband in freier Genossenschaft miteinander vereinigter Landbesitzer" gegeben; was wir aus den ländlichen Rechtsquellen des Spätmittelalters tatsächlich kennen, sind Marknutzungsverbände, die wir aber noch längst nicht einheitlich darzustellen oder zu erklären vermögen und zu deren weiterer Erforschung zahlreiche neue Einzeluntersuchungen an bisher ungenutzten Quellen notwendig sind. Markgenossen, so lesen wir, sind Leute, die in der Mark sitzen und sie nutzen. „Solche Nutzung bedarf mit zunehmender Intensität der Ordnung. Diese erfolgt im Rahmen gegebener Verbände: wo Hofsiedlung vorherrscht, werden die Hofbesitzer sich verbinden; wo sich geschlossene Dörfer gebildet haben, trifft der Dorfverband erste Regeln. Geht die Markfläche jedoch über das Gebiet eines Dorfes hinaus, müssen sich die an der Nutzung beteiligten Nachbardörfer miteinander verständigen. Dann entsteht die jüngere, d. h. nun eine echte nachweisbare Markgenossenschaft, in der die Nutzungsrechte nach Dorfgemeinden bestimmt und verteilt sind. Aber das sind sekundäre Gebilde; den Dorfgenossen stand näher, was sich im Gebiet der eigenen Gemarkung abspielte." Er bestätigt den schon von Lütge gewon-

nenen Satz, daß das Dorf nicht aus der Mark, sondern die Mark aus dem Dorf hervorgegangen ist. „Die Dorfgemeinde ist nicht ein Zerfallsprodukt der Markgenossenschaft, vielmehr ist diese in den nachweisbaren Spätformen ein Zusammenschluß zur gemeinsamen Nutzung größerer Wald- und Weideflächen und zwar meist ein Zusammenschluß wiederum von bereits bestehenden Gemeinden." Und an anderer Stelle lesen wir: „Nicht überall, wo in den Quellen eine ‚Mark' genannt ist, muß sich dahinter eine (womöglich ‚uralte') Markgenossenschaft verbergen; die Bildung von ländlichem Gemeingut kann in frühe Zeit zurückgehen, kann aber auch in sehr späte Entwicklungsschichten gehören, und keinesfalls ist dieses Gemeingut a priori älter als die in Individualnutzung stehende bäuerliche Liegenschaft."

BADER untersucht alsdann eine Reihe bekannter Marknutzungsverbände, die von der älteren Lehre allesamt als altfreie Markgenossenschaften in Anspruch genommen wurden.

Die pfälzischen Heingereiden — der im 13. Jahrhundert auftauchende Begriff bedeutet so viel wie dörfliche Allmende — sind Nutzungsgemeinschaften größeren Umfangs, die beim Hineinwachsen der Dörfer in den Pfälzer Wald entstehen. „In der Frühzeit hatte Randnutzung vollauf genügt; der Forst selbst stand unter herrschaftlichem, vielleicht königlichem Hoheitsrecht, das die Nutzungsdichte völlig offen ließ. Als man im Hoch- und Spätmittelalter tiefer in die Wälder eindrang, als zumal in der Zeit des starken Landesausbaus die Territorialbildung und damit die territoriale Grenzziehung begann, erstreckten die an der Nutzung beteiligten, ihre Rechte gegenseitig abmessenden Dörfer ihre Heingereide hinein in den Wald und schließlich blieb der Name, dessen ursprünglichen Sinn man gar nicht mehr verstand, am Waldgebiet und an den Nutzungsformen hängen. Die altnutzungsberechtigten Dörfer sind nicht aus einer sagenhaften Urmark, zu deren Erschließung noch gar nichts getan war, herausgeschnitten worden, sondern sie haben sich Waldnutzung, Weide und Beholzungsrechte langsam erworben. Erst als bei intensiverer Nutzung die Dorfberechtigungen aufeinander stießen und eine Regelung erforderlich wurde, kam man zur Markgenossenschaft, deren ‚Mitglieder' aber nicht einzelne Bauern, sondern die an der Marknutzung beteiligten Dörfer waren. Mit Herrschaften und mit über einzelnen Dörfern erwachsenen Städten wie Landau bildeten die Dorfgemeinden späte Markgenossenschaften, an denen die alte Bezeichnung für das Dorfgut, das Wort Heingereide, hängen blieb."

Ein weiteres Beispiel sind die schon von Hausrath erwähnten Nutzungsverbände im Oberrheintal. Dem Forstmann dieses Raumes ist es ein vertrautes Bild, daß etwa vom Blauen bis in die Gegend von Baden-Baden zahlreiche, in der Ebene liegende, sehr alte Dörfer gemarkungsrechtlich ausgeschiedene Waldparzellen an den Hängen des Schwarzwaldes besitzen, die häufig keinen räumlichen Zusammenhang mit der eigentlichen Dorfmark haben. Es sind dies „Ergebnisse später Aufteilung ehedem von mehreren Dorfverbänden genutzter Waldgebiete". Das Oberrheintal selbst ist, von der Rheinniederung abgesehen, eher waldarm. „Die Ebenedörfer waren daher darauf angewiesen, ihren Holzbedarf im Schwarzwald einzudecken, und im Spätmittelalter zogen die Viehherden dieser Dorfschaften über zum Teil recht weite Strecken zur Waldviehweide — ein ständiger Anlaß zu Streitigkeiten nicht nur zwischen den beteiligten Gemeinden, sondern auch zwischen Bauernschaften und Herrschaftsinhabern. In einigen Fällen haben sich Gemeinwälder mehrerer Dörfer bis in die jüngste Zeit erhalten. Beispiele dieser Art bieten sich außer dem Vierdörferwald im ganzen Oberrheintal zahlreich an. „Die enge Verwebung herrschaftlicher und genossenschaftlicher Berechtigungen ändert nichts daran, daß die Hauptträger der Nutzungsrechte die dörflichen Gemeinden sind. Über das Hochmittelalter (900 bis 1250, HASEL) reicht keine einzige der nachmaligen Dorfgenossenschaften zurück. Wirtschaftlicher Hintergrund der Erscheinungen ist das mit dem Landesausbau zunehmende Bedürfnis der waldarmen Ebenegemeinden, mit den näher bei den Holzvorräten und Weidwäldern liegenden Dörfern und Talschaften zu einer angemessenen Mitnutzung zu gelangen. Die Organisationsformen, soweit überhaupt ausgebildet, ergeben sich aus dem Kräftespiel zwischen den herrschaftlichen Banngewalten und den Gemeinden." Ganz ähnliche Erscheinungen finden sich übrigens am Vogesenrand des benachbarten Elsaß.

Die Bräunlinger Mark an der Ostabdachung des Schwarzwalds in der Nähe von Donaueschingen ist eines von mehreren Beispielen dafür, daß ein altbezeugter — ingen — Ort eine ungewöhnlich große Waldmark aufweist, die tief in den Schwarzwald hineinreicht. Dieses Waldgebiet lag westlich der Siedlungsgrenze des Altsiedellandes, in der Hauptsache als unabgegrenztes Weideland genutzt. Der Landesausbau durch die vogteilichen Gewalten führte zu einer ganzen Reihe in den Wald gelegter Siedlungen in der Hauptsache weilermäßigen Charakters. Von einer irgendwie organisierten Markgenossenschaft war zu keiner Zeit die Rede. Schließlich ging man zur räumlichen Aufteilung über, wobei Bräunlingen dank der Hilfe der vorderösterreichischen Regierung den Löwenanteil (1858 ha Wald) erhielt. Hier kam es also nicht einmal zu einem Zweckverband der Nutzungsgemeinden, es blieb bis zur Aufteilung bei einem ungeregelten, mit zahllosen Streitigkeiten verbundenen Nebeneinander.

Auf andere von BADER untersuchte Beispiele (Dornstetter Mark, Reichenauer Waldmark auf dem Bodanrück, Längemark und Unterhölzerwald) kann hier nicht weiter eingegangen werden. Auch hier zeigt sich, daß „die Gemeinden der Dörfer nicht aus einer hier unzweifelhaft nie vorhandenen Markgenossenschaft hervorgegangen sind, vielmehr sind die Gemeinwaldweiden der Dorfverbände aus den Dörfern und ihren Nutzbedürfnissen hervorgegangen".

BADER bezeichnet den Sprung vom quellenmäßig erhellten Spätzurück zum quellenmäßig dürftig belegten Frühmittelalter bezüglich der Waldnutzungsformen als unzulässig. „Für die urtümlichfreie Markgenossenschaft MÖSERS und von MAURERS ist in der rechtsgeschichtlichen Forschung kein Platz; sie ist und bleibt eine rechtshistorische Fehldeutung. Für unsere speziellen Zwecke ergibt sich daraus, daß die Markgenossenschaft nicht die Mutter der Dorfgemeinde, sondern eine späte Ergänzungsform darstellt".

BADER führt weiter aus, daß es neben dem Dorf mit der ihm zugehörigen Dorf- und Waldmark Spätformen gemeinsamer Marknutzung sogar in unübersehbarer Fülle gegeben hat, die im Lauf des Hoch- und Spätmittelalters entstanden sind, und die über den Bereich einzelner Dorfschaften und Dorfgemeinden hinausreichen und gewissermaßen Verbände höherer Ordnung (Zweckverbände) darstellen. „Ihrer Art und Organisation nach handelt es sich um genossenschaftliche Gebilde; nur darf man als Genossen in der Regel nicht den einzelnen Mitnutzenden, sondern Dorfgenossenschaften in Anspruch nehmen." Es steht fest, daß die dörflichen Kleinverbände älter sind als ihr eigener Zusammenschluß. Im Gebiet der Dorfsiedlung führt die Ausdehnung des Dorfes und Zunahme der Viehzahl dazu, daß man tiefer in die Waldungen einzudringen genötigt ist. Dabei muß man über kurz oder lang auf entsprechende Nutzbegehren anderer stoßen: dies führt zu Streitigkeiten und in deren Folge zu losen Zusammenschlüssen. Genossenschaftliche Verbindungen von Dörfern dieser Art werden zu Markgenossenschaften, innerhalb deren nicht der einzelne Hofstätteninhaber, sondern die Dorfgenossenschaft Nutzanteile hat. Bei den zahllosen Streitigkeiten stehen sich immer die Dörfer, nicht die einzelnen Dorfgenossen gegenüber. „Nur dringen aber auch im Gebiet der Dorfsiedlung nicht nur Dorfschaften, sondern auch einzelne Teilhaber, vor allem herrschaftliche Mitnutzende geistlicher oder weltlicher Provenienz, Grundherren, Vögte und nachmalige Landesherren, in den Nutzraum der Gemeinmark ein. Sie

begnügen sich nicht mehr, wie etwa die ältere Grundherrschaft, mit dem Hoheitsrecht, mit forst-, jagd- oder bergrechtlicher Obrigkeit, sondern machen, zumal wenn ihr Hofverband im Dorf mit anderen grundherrlichen Anwärtern teilen muß, Mitnutzungsrechte geltend. Wo es angeht, legt man Bannteile fest, die der Gemeinnutzung entzogen sein sollen. Aus der Verbindung von beanspruchter Forsthoheit und eigener Mitnutzung entsteht jene in den Weistümern so viel behandelte Mit- und Obermärkerschaft, die zumal derjenige mit Erfolg in Anspruch nimmt, der Dorfherr geworden ist, erst recht natürlich derjenige, dem es gelingt, den ganzen Nutzraum der Gemeinmark in seine Landesherrschaft einzubeziehen". BADER schließt seine Betrachtungen so: „Wir haben es also bei den spät bezeugten Markgenossenschaften mit Nutzungsverbänden zu tun, die dort, wo es überhaupt zur Bildung von Dorf und Dorfgemeinde kam, solche Dorfschaften als Beteiligte an der Nutzung der Gemeinmark zusammenschlossen. Mitmärker ist hier die Gemeinde, Markgenossen im juristischen Sinn sind die einzelnen Dörfer. Die Markgenossenschaft ist ein Gemeindeverband, der die Existenz der Gemeinde voraussetzt, nicht Vorläuferin, sondern Folgeerscheinung der Gemeindebildung. Durch die Verbindung von Dorfgemeinden zu Nutzungsgemeinschaften waren ehedem, relativ spät, Markgenossenschaften entstanden. Als deren Zeit abgelaufen war, holte sich das Dorf seinen Wald in die eigene Gemarkung."


### Summary

Title of the paper: *The allmende and forest ownership viewed in the light of new research.*

During the 19th century, allmende and common forest ownership were interpreted as very old institutions rooting in the germanic period. This is not supported by primary sources, but merely a hypothesis based on later, secondary evidence. Documentary evidence rarely dates back to the 12th century and is usually of the 15th and 16th century. Consequently, modern opinion is that allmende and therefore common forest ownership developed during the middle of the medieval period. E. F. B.

### Résumé

Titre de l'article: *Communautés foncières et propriété forestière à la lumière de nouvelles recherches.*

Les plus récentes études historiques ont démenti la doctrine développée au 19ème siècle suivant laquelle les communautés foncières et les propriétés forestières de telles communautés étaient institutions très anciennes et pouvaient être décelées dès l'époque tentonnique.

Cette théorie ne reposait sur aucune source historique et était tout simplement une vue de l'esprit échafaudée à partir de renseignements beaucoup moins anciens. Ensuite il fut établi que des documents authentiques sur les communautés foncières ne remontaient, dans des cas exceptionnels, qu'au 12ème siècle, plus communément, au 15ème et 16ème siècle, et il est aujourd'hui admis que les communautés foncières et les propriétés forestières de telles communautés ont leur origine au Haut Moyen Age. J. M.


### Schrifttum


1. DOPSCH: Wirtschaftliche und soziale Grundlagen der europäischen Kulturentwicklung; Bd. 1, 1923, Wien. — 2. HAUSRATH: Markgenossenschaften und Waldeigentum im Licht neuerer Forschungen, AFJZ 1917/32. — 3. LÜTGE: Agrarverfassung des freien Mittelalters im mitteldeutschen Raum, 1939, Jena. — 4. WELLMER: Zur Entstehungsgeschichte der Markgenossenschaften: Der Vierdörferwald bei Emmendingen, 1938, Freiburg. — 5. BADER: Dorfgenossenschaft und Dorfgemeinde, 1962, Köln. — 6. R. B. HILF: Das Waldeigentum als geschichtliches Problem, AFZ 1953/9/101. — 7. WAHLE: Deutsche Vorzeit, Darmstadt 1962 (1932). — 8. JANKUHN: Vor- und Frühgeschichte vom Neolithikum bis zur Völkerwanderung, 1969, Stuttgart. — 9. LÜTGE: Geschichte der deutschen Agrarverfassung, 1963, 1967, Stuttgart. — 10. MUCH: Die Germania des Tacitus, 3. erweiterte Aufl. unter Mitarbeit von JANKUHN, herausgegeben von WOLFGANG LANGE, Heidelberg 1967. — 11. KLUGE: Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache, 19. Aufl., bearbeitet von MITZKA, Berlin 1963. — 12. DOPSCH: Die Wirtschaftsentwicklung der Karolingerzeit, Bd. 1, 3. Aufl., Darmstadt 1962. — 13. VON INAMA-STERNEGG: Die Ausbildung der großen Grundherrschaften.


# „Fernerkundung" (Remote Sensing) erschließt neue Wege der Beschaffung von Informationen über die Erdoberfläche

(zugleich Bericht über das ISP-Symposium „Photointerpretation" 1970 in Dresden)

(Mit 1 Abbildung)


Von H. KENNEWEG


In der Kommission VII „Photointerpretation" der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie (ISP) sind Wissenschaftler aller Fachrichtungen vertreten, die sich mit der Auswertung von Abbildungen der Erdoberfläche für Inventurzwecke im Rahmen ihres Fachs befassen. Beim internationalen Symposium „Photointerpretation" vom 9. bis 16. Sept. in Dresden wurde die besondere Bedeutung dieses Sachgebiets für Forstleute, Landwirte und Vegetationskundler nicht zuletzt dadurch betont, daß sich etwa ein Drittel aller Beiträge des Symposiums mit Problemen aus diesen Fächern befaßten (1). Es gab eine eigene Arbeitssitzung zum Themenkomplex „Photointerpretation von Vegetation" sowie zahlreiche Beiträge in den anderen sieben Sitzungen, die ausführlich auf die charakteristischen Besonderheiten der Vegetationsinventuren eingingen.

Obwohl die Kommission als wissenschaftliche Arbeitsgruppe ihre Aufgabe nur sekundär in der Erarbeitung praxisreifer Erkundungsverfahren sieht, wurde wegen der Bedeutung des Problems der Erkennung von Vegetationsschädigungen mit Hilfe des farbigen Luftbildes eine intensivierte internationale Zusammenarbeit auf diesem Gebiet in einem „Methodenvergleich" vereinbart.

Die eigentliche Aufgabe der Kommission ist die Diskussion neuester Forschungen und die Erprobung technischer Möglichkeiten, lange bevor diese Eingang in die breite Praxis finden. In Vorträgen und Diskussionen wurde deutlich, daß das photographische Luftbild — ursprünglich das einzige Untersuchungs- und Erfahrungsobjekt im Rahmen der Kommissionsarbeit — heute von der Forschung nur noch als eines unter mehreren Fernerkundungssystemen angesehen wird. Verstärkte Aufmerksamkeit wurde dagegen den Anwendungsmöglichkeiten von thermographischen, Radar- und Mikrowellenbildern gewidmet, deren Aufnahme durch „Bildzeichengeräte" (line scanners) aus Flugzeugen (oder Erdsatelliten) durch punktweises „Abtasten" des Geländes erfolgt. Durch Umformung der empfangenen Impulse entsteht sekundär die eigentliche Abbildung auf photographischem Wege oder als Computer-Druck. Man unterscheidet „aktive" und „passive" Aufnahmen; die ersteren entstehen durch Wiederauffangen eines aus-

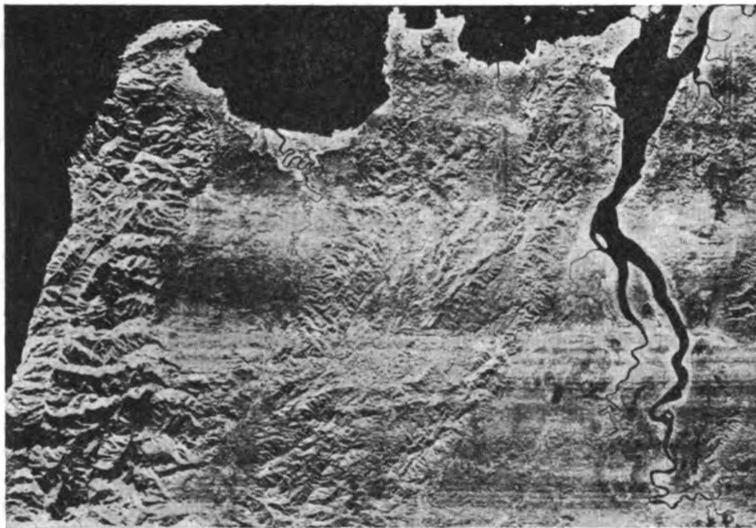


Abb. 1
Radar-Luftbildmosaik von Panama. Aufnahmetechnik SLAR (side looking airborne radar). Wegen extrem wolkenreicher Wetterbedingungen war es unmöglich, hier herkömmliche photographische Luftbilder herzustellen. Es handelt sich hier also praktisch um die erste vollständige Bildbefliegung des Landes. Es war unmöglich, die Karten des Landes aufgrund dieser Bilder in entscheidenden Punkten zu berichtigen und insgesamt erheblich zu verbessern.

gesandten Impulses nach Reflexion im Gelände; die passiven Aufnahmen registrieren Eigenstrahlungen der aufgenommenen Objekte sowie ihre Remission der Sonnenstrahlung.

Anhand von Beispielen wurden u. a. die folgenden Auswertungsmöglichkeiten der neuartigen Aufnahmetechniken demonstriert:

1. Mit Hilfe von Radaraufnahmen (side-locking airborne radar = SLAR) ist es möglich, unabhängig von Tageszeit und Witterungsbedingungen Aufnahmen herzustellen. Auf diese Weise gelang es erstmals, einige Gebiete mit extrem wolkenreichen Witterungsbedingungen überhaupt aufzunehmen. Die Karte von Panama konnte aufgrund solcher Aufnahmen in wesentlichen Zügen berichtigt werden (Abb.). Ferner war sogar eine grobe Interpretation der Vegetationsformen möglich (5, 6).

2. Thermalaufnahmen können, wenn sie mit modernsten Aufnahmegeräten hergestellt werden, eine thermale Auflösungsgenauigkeit von etwa ± 0,1° C erreichen. Da auch diese Aufnahmen zu beliebigen Tageszeiten (auch nachts) herstellbar sind, ergeben sich sehr weitreichende Möglichkeiten für ökologische Forschungen. Es kann gezeigt und vermessen werden, wo und wie stark zum Aufnahmezeitpunkt im Bildbereich Erwärmungen und Abkühlungen gegenüber der Umgebung auftreten.

3. Im Verlauf von terrestrischen Vergleichserhebungen bei Versuchen mit neuen Fernerkundungssystemen wurden in den USA bisher unbekannte forstbotanische Tatbestände entdeckt (2). Eine wichtige Zielsetzung der Fernerkundung von Vegetation ist das Entdecken von Einzelpflanzen oder Pflanzenbeständen, die infolge von Wassermangel oder Krankheit unter physiologischen Stressbedingungen stehen. Die Entdeckungswahrscheinlichkeit solcher Objekte wird vor der Aufnahme durch terrestrische Strahlungsremissionsmessungen an Pflanzenteilen grob abgeschätzt (3). Für den Bereich der thermalen Infrarotstrahlung und -remission wurden bemerkenswerte Reaktionen verschiedener Pflanzengruppen nachgewiesen:

a) Ein einmal fertig ausgebildetes Blatt ändert seine Remissionseigenschaften bis zum Absterben nicht nennenswert, auch nicht unter künstlich erzeugten und genau kontrollierten Stress-Bedingungen; b) wird ein Blatt bereits unter Stress-Bedingungen gebildet, so weist es stärker abweichende Remissionseigenschaften gegenüber gut wasserversorgten und sonst gleichen Bedingungen ausgesetzten Vergleichsblättern auf; dieser Unterschied wird auch bei später verbesserter Wasserversorgung nicht aufgehoben. Die Temperaturunterschiede bleiben während des ganzen Tagesverlaufes nachweisbar. c) Zwischen ringporigen und zerstreutporigen amerikanischen Laubhölzern entstehen aufgrund dieser Blattremissionsunterschiede gelegentlich deutliche Tönungsdifferenzen auf dem photographischen oder thermalen Luftbild. Diese Erscheinung läßt sich damit erklären, daß die ringporigen Arten nur zu Beginn der Vegetationszeit Blätter bilden, während die Blattbildung bei den zerstreutporigen Arten durch die ganze Vegetationsperiode anhält, so daß sich mit der Änderung der Wuchsbedingungen auch die Gesamtremission allmählich ändert.

4. Die Erfassung sehr feiner Temperaturdifferenzen mit Hilfe thermaler Luftaufnahmen schränkt naturgemäß den Meßbereich ein. Es ist aber auch möglich, einen größeren Temperaturbereich darzustellen; dafür wird die thermale Feinauflösung im Bildbereich vergröbert. Die erzielbare „geometrische Bildauflösung" (Bildschärfe) ist besser bei Thermalaufnahmen mit geringem thermalen Auflösungsvermögen. Die von der Bildschärfe her besten Thermalbilder, die aber nur gröbere Temperaturdifferenzen erkennen lassen (etwa ± 1° C), stehen qualitätsmäßig photographischen Luftaufnahmen nicht sehr erheblich nach (2, 3). Solche Aufnahmen eignen sich beispielsweise für die Erkennung von Brandherden bei Flächenbränden (Waldbrand); auf normalen Luftbildern ist wegen der Sichtbehinderung durch Rauch diese Abgrenzung nicht durchführbar. Weitere Erfolge mit diesen thermalen Aufnahmen eines weiten Temperaturbereichs wurden bei der Erforschung von Vulkanismus, heißen Quellen und bei der Abgrenzung des Brandherdes in brennenden Abraumhalden des Kohlebergbaus erzielt.

5. Die bisher größten praktischen Erfolge mit Thermal-Luftbildern waren bei der Untersuchung hydrologischer Fragen zu verzeichnen. Zur Entdeckung von Quellen, Lecks in Kanälen u. dergl. eignen sich besonders gut Aufnahmen, die in klaren Strahlungsnächten hergestellt werden und einen mittelgroßen Temperaturbereich erfassen können. Sehr gut veranschaulicht werden auf Aufnahmen von Gewässern die Strömungsverhältnisse, insbesondere die Durchmischung und Verwirbelung verschiedener Wasserkörper (Abwasser-Überwachung!), das Vorkommen von Quellen mit submersem Ausfluß u. dergl. (4). Für Bodenkartierungen kann in erster Linie der Wassergehalt mit seinen direkten Einflüssen auf die Bodentemperatur ausgewertet werden (5).

6. Die Entdeckung einzelner Objekte mit großem thermalen Kontrast gegenüber ihrer Umgebung kann auf dem Thermalbild wesentlich leichter sein als auf anderen Aufnahmen. Es ist beispielsweise möglich, auf diese Art Wilddichte-Untersuchungen vorzunehmen (3) oder auch aufgrund der Motortemperatur parkender Autos die Parkdauer näherungsweise zu bestimmen.

7. Die abkühlende oder erwärmende Wirkung von Luftströmungen auf einzelne Objekte der Landschaft kann sichtbar gemacht

werden. Man hofft, mit Hilfe thermaler Luftbilder Kartierungen des Kleinklima vornehmen zu können, z. B. bevorzugte Kanäle der Frischluftzufuhr aus Waldgebieten in die Ballungsräume, Kaltluftstau, windexponierte Lagen, Einflußbereiche von Föhn, Berg-und-Tal-Wind-Systemen, Wirkungen von Temperaturinversionen oder dergl.

Die Vielfalt der Probleme, die mit Hilfe von neuen Fernerkundungssystemen erforscht werden können, stellt zugleich neben den bisher noch außerordentlich hohen Kosten das Haupthindernis für eine weitgestreute praktische Anwendung dar: es müssen bei jeder Inventur zahlreiche Nebeneinflüsse berücksichtigt werden, deren Wirksamkeit nicht ohne weiteres ausgeschlossen werden kann, so daß beim gegenwärtigen Wissensstand noch erhebliche terrestrische Vorbereitungs- und Vergleichsarbeiten für jede Befliegung durchgeführt werden müssen; andernfalls sind die Interpretationsergebnisse mit großen Unsicherheiten belastet. Die hohen Kosten, die für Bildbefliegungen investiert werden müssen, können durch intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit effektiver genutzt werden, was nicht nur durch die Verteilung der Kosten sondern auch durch die vielseitigere Interpretation und die bessere Berücksichtigung der verschiedenartigen Nebeneinflüsse geschieht.

In der Bundesrepublik wurde aus diesem Grunde ein interdisziplinärer Arbeitskreis „Fernerkundung der Erdoberfläche" gebildet. Man sieht die zukünftige Bedeutung dieser modernen Fernerkundungssysteme vor allem in der laufenden Überwachung der Erdoberfläche durch Erdsatelliten, deren technische Verwirklichung bereits in greifbare Nähe gerückt ist; es fehlt im Moment eher das Grundlagenwissen für die Erarbeitung geeigneter Auswertungstechniken sowie die Möglichkeit der organisatorischen Bewältigung der zu erwartenden Informations- und Datenflut. Eine Intensivierung der entsprechenden Forschungsarbeit erscheint, gemessen am internationalen Stand, in der Bundesrepublik erforderlich. Ein so kleiner Staat wie die Niederlande hat bereits ein Forschungsprogramm im Umfang von 2 Millionen Gulden auf diesem Gebiet abgeschlossen; ein beträchtlicher Teil der Ergebnisse ist von land- und forstwirtschaftlichem Interesse (5).


**Zusammenfassung**

Neben dem photographischen Luftbild gewinnen neue elektronische Aufnahmetechniken, die einen erweiterten Bereich des elektromagnetischen Spektrums ausnutzen können, an Bedeutung für die Informationsgewinnung über die Erdoberfläche. Mit Hilfe der thermalen Infrarotstrahlung und der Mikrowellen (bzw. des Radar) wird es möglich

1. tageszeit- und wetterunabhängige luftbildähnliche Abbildungen der Erdoberfläche herzustellen
2. ökologische und kleinklimatische Forschungen zu intensivieren
3. Fortschritte bei der Bearbeitung der Probleme der Umweltforschung und des Umweltschutzes zu erzielen, insbesondere eine Verbesserung der Überwachungssysteme zu erreichen
4. die optimale Auswertung von Bildern der Erderkundungs- und -überwachungssatelliten vorzubereiten.



**Summary**

Title of the paper: *Remote sensing opens new alleys to explore the earth's surface.*

Electronic pictoring is added to aerial photographing to use electromagnetic wave lengths. The use of infrared thermal waves and micro-wave lengths makes it possible:

1. to produce images of the ground surface which are similar to conventional aerial photographs at any time of the day independent of weather;

2. to expand ecological and microclimatic research;

3. to advance environmental protection and control;

4. to prepare for the evaluation of pictures made from satellites.

E. F. B.



**Résumé**

Titre de l'article: *La détection à distance multispectrale (Remote Sensing) constitue un nouveau mode de collecte d'informations sur la surface terrestre.*

A côté des photographies aériennes, se développent de nouvelles techniques de mesures électroniques qui permettent d'exploiter une plus large bande du spectre élecromagnétique pour collecter des informations sur la surface terrestre. Avec les rayons infrarouges et les ondes micrométriques (ou éventuellement le radar) il est possible:

1. de reconstituer des images de la surface terrestre semblables à des photographies aériennes. indépendamment de l'heure et des conditions météorologiques.

2. d'intensifier les recherches sur l'écologie et le microclimat.

3. de faire progresser l'étude des problèmes de l'environnement et de la protection de l'environnement et en particulier d'améliorer les systèmes de surveillance.

4. de préparer l'exploitation optimale des diagrammes obtenus par satellites concernant l'exploration du globe et la surveillance.

J. M.


**Literatur**


1. ISP-Symposium 1970: Dresden, Kurzfassungen der Vorträge, 106 pp. — 2. Olson, C. E., 1970: US National Report on methods and applications of remote sensing, ISP-Symposium in Dresden. — 3. Taylor, J. I., 1970: Environmental Applications of Thermal Imaging. Hauptvortrag der Arbeitssitzung „Nichtphotographische Bildaufnahmeverfahren und ihre Anwendung". ISP-Symposium Dresden. — 4. Gierloff-Emden, H. G. u. Bodechtel, J.: IR-Strahlungsmessungen u. IR-Scannmeßprogramm in Südbayern. Unveröffentl. Forschungsbericht. — 5. Vermeer, J., 1970: Interpretation of radar and Infrared Images, ISP-Symposium Dresden. — 6. Barr, D. J. u. Miles, R. D., 1970: SLAR Imagery and Site Selection. Photogrammetrie Engineering, 1970, Nr. 11, S. 1155 - 1170.


# Buchbesprechungen und Notizen

**Die Bäume Europas.** Ein Taschenbuch für Naturfreunde. Von Gerd Krüssmann. Mit 379 Abbildungen im Text und auf 80 Tafeln, davon 8 farbig und 114 Arealkarten. Erschienen 1968 im Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, Preis DM 24,—.

Für den Laien, wie für den Fachmann wird es eine Freude sein, das Buch von Krüssmann über die Bäume Europas in die Hand zu nehmen. Denn neben einigen bunten Reproduktionen und zahlreichen guten Fotos der verschiedenen Baumarten in ihrer natürlichen Umgebung enthält das Buch eine gute Einführung in die botanische Terminologie, ausführliche Bestimmungstabellen und sehr plastische Zeichnungen der Blätter, die für die Bestimmung im einzelnen erforderlich sind. Außerdem findet sich für die wichtigsten Arten eine Darstellung der geographischen Verbreitung, die für viele ökologische Fragen nützlich ist.

Das Buch ist allen Freunden des Waldes zu empfehlen.

G. Mitscherlich

**Handbuch der Nadelgehölze.** Von GERD KRÜSSMANN. 8 Einzellieferungen von 48 Textseiten, ca. 20 Abbildungstafeln und 1 Farbtafel. Gesamtumfang ca. 516 Seiten — davon 152 Kunstdruck-Tafeln und 8 Farbtafeln. Erscheinung ab September 1970 im Abstand von jeweils 2 Monaten. Subskriptionspreis je Lieferung DM 36,—. Bei Schlußlieferung wird eine Einbanddecke zum Preise von 6,— DM mitgeliefert. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Nach dem Erscheinen des zweibändigen Handbuches von GERD KRÜSSMANN über die Laubgehölze legt der Verfasser nunmehr ein ausführliches Handbuch über die Nadelgehölze vor, das in einer größeren Zahl von Einzellieferungen erscheinen soll. Die Bücher von KRÜSSMANN über die verschiedenen Baumarten des In- und Auslandes haben bereits heute den Charakter von Standardwerken gewonnen. Auch das neue Handbuch wird für den Dendrologen und den Forstmann unentbehrlich sein. Wie im Handbuch der Laubgehölze beginnt auch das neue Handbuch mit einer Einführung in die Terminologie, die notwendig ist, um die gebrauchten Begriffe zu erklären. Es folgt eine kurze, systematische Übersicht über die rezenten Gymnospermen, an die sich dann eine kurze Beschreibung der Reihen, Familien und Gattungen anschließt. Der Schwerpunkt des Buches liegt auf der eingehenden Beschreibung der einzelnen Arten, ihrer Unterscheidungsmerkmale und ihres Vorkommens. Das Buch wird durch ausgezeichnete Buntabbildungen und Photographien sowie durch Kartenskizzen über die natürliche Verbreitung der Baumarten ergänzt.

G. MITSCHERLICH

**Geologische Grundlagen der Bodenkunde und Standortslehre.** Von H. J. FIEDLER und W. HUNGER. Verlag Theodor Steinkopf, Dresden, 1970.

Das Buch gliedert sich in folgende Abschnitte: 1. Gesteinsbildende Minerale, wobei die silikatischen als die wichtigsten und verbreitetsten hervorgehoben sind. 2. Bodenbildende Gesteine mit üblicher Untergliederung in vulkanische (i. w. S.), Sedimentgesteine, Metaphorphite und chemische und biogene Sedimente. Dieser Abschnitt ist ausführlich mit Gesteinsanalysen aus mitteleuropäischen Fundstellen belegt. 3. Geologische Entstehungsgeschichte des mitteleuropäischen Raumes nach geologischen Formationen vom Präkambrium bis Holozän. Hier sind zahlreiche geologische Kartenskizzen und Gliederungen der einzelnen Formationen wiedergegeben. Am Schluß des Abschnittes findet der Leser Angaben über Moore und Dünen sowie ausführliche Gliederungen des mitteleuropäischen Postglazials. 4. Gestaltung der Oberflächenformen durch endogene und exogene Vorgänge und Schilderung von Landschaftsformen — vulkanische und glaziale Landschaften, Ebenen, Flachländer, Hügelländer, Gebirge, Karstlandschaften u. a. Im 5. Abschnitt folgen Oberflächenformen ausgewählter Gebiete der Mittelgebirge und Hügelländer und im 6. Abschnitt die Formen des Norddeutschen Tieflandes, überwiegend aus den Gebieten der DDR. Auch diesen beiden Abschnitten sind übersichtliche Skizzen der Landschaftsräume und geologische Skizzen beigefügt.

Der 7. Abschnitt „Bodengeologie" bringt nach Worten der Verfasser Zusammenhänge „mit den geologischen Verhältnissen desjenigen Teiles der äußersten Erdkruste, der von der Bodenbildung erfaßt ist und diese beeinflußt", S. 283. Hier werden behandelt: Verwitterungsdecken, Frost und Böden, pleistozäne Decken, Lößprobleme, Bodentypen, Bodenformen, Gliederung der Pedosphäre u. ä.

Es ist das Verdienst der Verfasser, die geologischen und petrographischen Beziehungen der Böden zur gesamten Landschaft dargestellt zu haben, wobei dem Leser beim Studium des Buches bereits einige bodenkundliche Begriffe zum Verständnis des Textes, vor allem im letzten Abschnitt, bekannt sein müssen. Im deutschen Sprachgebiet hatte das Buch „Bodenkunde" von BADEN und Mitarbeitern ein vergleichbares Ziel; in diesem Werk ist auch der Bodenkunde selbst ein großer Raum zugewiesen, während der Leser im Fiedler-Hunger auf die „Bodenkunde" FIEDLERS oder ähnlicher Werke angewiesen ist. Das hier besprochene Buch ist aber grundsätzlich zu loben, weil es die typischen Faktoren der behandelten Landschaften in Richtung auf Bodenkunde und Standortlehre richtig erfaßt hat: große Anzahl sehr verschiedener Gesteine und geologischer Formationen in einem begrenztem und großklimatisch weniger unterschiedlichem Gebiet, wenn wir von den semihumiden Teilen (Magdeburger Börde, Goldene Aue) absehen. So war der Einfluß der „Geologie" auf Böden und Standorte weit größer als in ausgedehnten Gebieten mit sehr verschiedenen Klimazonen. — Den Ausdruck „Bodengeologie" muß der Rezensent allerdings ablehnen, weil er Verwirrung stiften kann und zwei Fachrichtungen aneinander und durcheinander setzt, die sehr verschiedene Forschungsrichtungen aufweisen. Vielleicht wäre der Titel des letzten Abschnitts besser so zu formulieren gewesen: „Bodenbildung mit besonderer Berücksichtigung geologischer und petrographischer Einflüsse des Pleistozäns".

R. GANSSEN

## NOTIZEN

Zur Förderung der Wirtschaftlichkeit in Forstbetrieben wurde von MAX, WILLIBALD Erbgraf VON WALDBURG zu WOLFEGG und WALDSEE der KARL-ABETZ-PREIS gestiftet, mit dem in Höhe von DM 10 000,— solche Persönlichkeiten ausgezeichnet werden sollen, die sich durch hervorragende Beiträge zur Förderung der Wirtschaftlichkeit in Forstbetrieben, insbesondere der Privatforstwirtschaft, verdient gemacht haben.

Der Preis wird jährlich im Benehmen mit der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg — zum ersten Mal im Jahre 1972 — verliehen werden.

Herr Dozent Dr. KARL-GÜNTER KERN, Oberforstmeister im Staatl. Forstamt Edenkoben/Pfalz wurde von dem Herrn Ministerpräsidenten des Landes Baden-Württemberg zum apl. Professor ernannt.

Die Venia legendi wurde verliehen an Dr. ZLATHO GRACANIN für das Fachgebiet Bodenkunde und Standortslehre und an Dr. JOSEF PACHER für das Fachgebiet Forstwissenschaft (Forstgeschichte).

## HOCHSCHULNACHRICHTEN

Der Inhaber des Lehrstuhls für Saatgut, Genetik und Züchtung von Waldbäumen an der Universität München und Leiter des Instituts für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung der Forstlichen Forschungsanstalt München, Herr Professor Dr. ERNST ROHMEDER, wurde am 31. 3. 1971 emeritiert.

Als Nachfolger wurde Herr Professor Dr. ALEXANDER VON SCHÖNBORN berufen.

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 25 08. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG




INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*




142. JAHRGANG 1971 HEFT 6 JUNI

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 64 24 Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 6 des 142. Jahrganges sind:**

Frau G. Gehrmann, FVA — Abt. Biometrie, 78 Freiburg, Sternwaldstraße 16

Forstmeister J. Mikloss, FVA — Abt. Biometrie, 78 Freiburg, Sternwaldstraße 16

D. D. Munro, Forestry Faculty, University of B. C. Vancouver/Canada

Dr. D. Nagel, Bad.-Württ. Forstliche Versuchsanstalt, Abt. Biometrie, 78 Freiburg i. Br., Sternwaldstr. 16

Prof. Dr. H. Schmidt-Vogt, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Forstdirektor, Dozent Dr. W. Schöpfer, Bad.-Württ. Forstliche Versuchsanst., Abt. Biometrie, 78 Freiburg i. Br., Sternwaldstr. 16

Götz Schürholz, Institut für Forsteinrichtung und Forstliche Betriebswirtschaft, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17



**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt wurden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

# Wachstum und Wurzelentwicklung von Schwarzerlen verschiedener Herkunft

Aus dem Waldbau-Institut der Universität Freiburg i. Br.

(Mit 5 Abbildungen und 4 Tabellen)

Von H. SCHMIDT-VOGT

## 1. Vorbemerkung

Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) hat in den letzten Jahren außerordentlich an Bedeutung gewonnen. Schon in den vergangenen Jahrzehnten war sie verstärkt in das Blickfeld waldbaulichen Interesses gerückt, nachdem sich gezeigt hatte, daß sie entgegen früheren Ansichten über ihre Standortsansprüche in ähnlicher Weise wie die als anspruchslos geltende Weißerle zur biologischen Meliorierung geringer Waldstandorte geeignet ist, sofern diese Standorte nicht zu trocken sind. Bei biologisch gleichwertigem Verhalten war die Schwarzerle aber der Weißerle im Hinblick auf Wertleistung und die Tatsache, daß sie nur Stockausschläge, nicht aber die bei der Weißerle oft sehr lästige Wurzelbrut bildet, vorzuziehen.

Von größter waldbaulicher Bedeutung ist nun die neue Erkenntnis, daß die Schwarzerle als die am tiefsten wurzelnde einheimische Baumart bezeichnet werden kann (KÖSTLER, BRÜCKNER u. BIBELRIETHER 1968). Diese Erkenntnis gewinnt verstärkt an Gewicht durch die Tatsache, daß dieses tiefgehende Wurzelwerk sich auch auf schwierigen Waldstandorten ausbildet.

So fand KREUTZER (1961) eine erstaunliche Vertikalbewurzelung der Schwarzerle auf Pseudogley. Ein Meliorationsversuch auf verdichteten Phyllitböden der Oberpfalz ergab, daß die Schwarzerle in den ersten Lebensjahren in der Bodenerschließung mit Abstand Kiefer, Bergahorn, Roteiche, Robinie, Salweide und Birke, aber auch Weißerle übertraf (KÖSTLER u. SOMMER 1962). Auf schweren wechselfeuchten Tonen und stark verdichteten marmorierten Lehmen der Jung- und Altmoräne in Oberschwaben stellte SCHOCH (1964) neben einem vergleichsweise gering entwickelten Horizontalwurzelwerk im Oberboden sehr kräftige Vertikalwurzeln fest. Mit diesen Erkenntnissen wird die Schwarzerle ein bedeutender Faktor im Rahmen der biologischen Bodenpflege und, was waldbaulich besonders hervorzuheben ist, ein wesentliches Element der Bestandesstabilisierung.

Die Bedeutung des Wurzelwerkes der Schwarzerle ließ es daher angezeigt erscheinen, bei einer ersten Zwischenauswertung eines 1960 angelegten Provenienzversuches mit Schwarzerlen neben dem Höhenwuchs auch die Entwicklung der Wurzeln zu verfolgen.

## 2. Bisherige Untersuchungen zur Variabilität der Bewurzelung bei Standortsrassen der Waldbäume

Erste Untersuchungen der Wurzelmorphologie und -physiologie bei verschiedenen Herkünften von Waldbäumen haben ergeben, daß auch hier mit einer Differenzierung zu rechnen ist. Schon CIESLAR (1899) und ENGLER (1905) haben festgestellt, daß Fichtensämlinge von Hochlagenherkünften ein höheres Wurzelprozent haben als solche von Tieflagenherkünften. Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß Hochlagenherkünfte ein geringeres Wachstum haben als Tieflagenherkünfte und daß das Wurzelprozent mit sinkender Pflanzengröße steigt (SCHMIDT-VOGT 1966). Das hohe Wurzelprozent der Hochlagenherkünfte könnte also allein durch die geringe relative Pflanzengröße der Sämlinge bedingt sein. Nach NÄGELI (1931) verloren sich diese Unterschiede in der Bewurzelung mit fortschreitendem Alter.

BIBELRIETHER (1964) fand Unterschiede in der Wurzelmorphologie bei einem 28j. Kiefernprovenienzversuch. Eine ostpreußische Herkunft hatte bei auffallender Geradschaftigkeit einen hohen Prozentsatz von lotrechten Pfahlwurzeln bei einer deutlichen Trennung von Horizontal- und Vertikalwurzelwerken, deren Aufzweigungspunkt erheblich tiefer lag als bei einer Herkunft aus der Rheinebene.

Bei Kiefernsämlingen zeigten sich nach Untersuchungen von BROWN (1967) Provenienzunterschiede im Typ des Wurzelsystems, in der Wuchsgeschwindigkeit der Wurzeln und im Wurzelregenerationsvermögen.

LEIBUNDGUT (1964) ermittelte bei jungen Pflanzen der Kiefer zwischen den verschiedenen Herkünften größere Unterschiede in der Wurzelmasse als in der Sproßmasse.

WUNDER (1962, 1965) beobachtete Unterschiede in der Wurzelmorphologie (Flach- bis Pfahlwurzel) bei der Japanischen Lärche und zwar insbesondere bei Variation der Bodenfeuchtigkeit.

Auch bei Larix laricina wurde neuerdings an Sämlingen verschiedener Herkunft eine Variabilität in der Art der Wurzelentwicklung festgestellt (REHFELDT 1970).

In einer Studie über die rassische Variation der physiologischen Eigenschaften bei Wurzeln von Pinus echinata fand ALLEN (1969) signifikante Unterschiede bei der Atmung der Wurzeln, wobei die Atmung positiv mit der mittleren jährlichen Temperatur des Samenherkunftsgebietes korreliert war.

## 3. Bisherige Untersuchungen über Standortsrassen der Schwarzerle

Die Schwarzerle gehört zu den Baumarten, bei denen die waldbauliche Bedeutung der Herkunftsfrage durch Mißerfolge in der forstlichen Praxis am augenfälligsten demonstriert wurde. Das „Erlensterben" am Ende des 19. Jahrhunderts und Anfang dieses Jahrhunderts in Deutschland und Dänemark war, wie in einem Bericht eines Forstmannes entnommen werden kann, „ein forstliches Problem, das die beteiligten Forstleute auf das äußerste bewegt" (zit. nach MÜNCH 1936). Auf Tausenden Hektaren starben ab 1870 Schwarzerlenbestände ab. Nach einer Schilderung bei der 17. Versammlung Mecklenburger Forstwirte waren schon 1889 „weite Räume vorhanden, auf denen vereinzelte Erlenwüchse die Stelle des untergegangenen Waldes bezeichneten".

Nachdem ein halbes Jahrhundert lang vollkommene Ratlosigkeit über die Ursachen dieses Erlensterbens geherrscht hatte, konnten BANSI (1924) und MÜNCH (1936) feststellen, daß das Erlensterben ausschließlich eine Provenienzfrage war.

BANSI hatte im Memelgebiet beobachtet, daß aus eingeführten Samen stammende Schwarzerlenbestände im Gegensatz zu den einheimischen Herkünften schlecht wuchsen und früh abstarben. BANSI nahm an, daß die eingeführten Schwarzerlensamen aus Südfrankreich und der Ungarischen Tiefebene stammten. Als Beweis, daß das Erlensterben lediglich eine Provenienzfrage war, diente BANSI vor allem ein 26j. Bestand, der mit Schwarzerlen fremder Herkunft begründet und in dem dann mit Wildlingen einheimischer Herkunft nachgebessert worden war. Im dritten Lebensjahrzehnt starben die Erlen fremder Herkunft ab, während die Nachbesserungen auf der gleichen Fläche ausgezeichnet gediehen.

MÜNCH (1936) konnte feststellen, daß das Erlensterben in Deutschland im wesentlichen auf die Einfuhr von Erlensamen aus der Gegend von Mecheln in Belgien zurückzuführen war. Die dortigen Erlen zeichnen sich durch Frühreife und Zapfensüchtigkeit aus, sind also eine ausgezeichnete Quelle für billige Saatguternten, sterben aber durch eine Wipfelkrankheit frühzeitig ab. MÜNCH nimmt

an, daß die Schwarzerlenbestände von Mecheln entweder selbst aus importiertem Saatgut unbekannter Herkunft hervorgegangen oder als das Ergebnis einer künstlichen Auslese einzelner besonders fruchtbarer Varianten anzusehen sind.

Trotz der schon seit Jahrzehnten erkannten Bedeutung der Standortsrassen bei der Schwarzerle wurde über vergleichende Versuche zur Herkunftsfrage bisher nichts veröffentlicht, ausgenommen die von MÜNCH beschriebenen Versuchsanbauten zur Klärung des Erlensterbens. Auch die umfassende Darstellung „Biology of Alder“ (1968), das Ergebnis eines Symposiums in den USA, das sich vor allem mit amerikanischen Erlenarten befaßte, enthält keinen Beitrag über Provenienzversuche.

Das große natürliche Areal der Schwarzerle, das mit Ausnahme von Südspanien und des südlichen Steppengebietes der UdSSR ganz Europa umfaßt und in Skandinavien bis 63 ° erreicht, sowie die bisherigen außerordentlich ungünstigen Erfahrungen mit dem Anbau fremder Herkünfte lassen den Schluß zu, daß auch bei dieser Baumart mit einer erheblichen Variationsbreite forstlich wichtiger Eigenschaften gerechnet werden muß.

## 4. Der Schwarzerlenherkunftsversuch Teisendorf

### 4.1 *Versuchsanlage*

Die Versuchsfläche befindet sich im Forstamt Teisendorf, Bezirk Kirchanschöring, Distrikt XI, Wiedmais, Abt. 1 a[6]. Der Untergrund der Versuchsfläche besteht aus vergleytem Zersatz der Grundmoräne eines Zweigbeckens des Salzachgletschers. Höhenlage 440 m, Jahresniederschlag ca. 1100 mm, Jahresmitteltemperatur 7 - 8 ° C. Der Standort neigt sehr zur Vernässung.

Folgende Herkünfte wurden in den Versuch einbezogen:

1. Südbayern — Peiting 680 m
2. Nordbayern — Nürnberg-Ost (Mittelfranken) 310 m
3. Hessen — Rhein-Main-Gebiet — Mörfelden 110 m
4. Hessen — Rhein-Main-Gebiet — Wolfgang (Kinzig-Erle) 120 m
5. Hessen — nord- und westdeutsches Bergland — Oberursel 200 m
6. Niedersachsen — niederdeutsches Tiefland — Danndorf (Drömling-Schwarzerle) 60 m
7. Niedersachsen — niederdeutsches Tiefland — Wienhausen (Uetzer Schwarzerle) 40 m
8. Mariabrunn M 1 — Österreich — Nachkommenschaft eines Auslesebaumes.

Die Herkunft Peiting gehört zur sogenannten Moränen-Roterle Südbayerns, die RUBNER (1954) eingehend beschrieben hat.

Die Herkunft 2 Nürnberg-Ost wurde als Sonderherkunft Mittelfranken ausgeschieden.

Die Herkunft 4 Wolfgang gehört zur Sonderherkunft „Kinzig-Erle“.

Die Herkünfte 6 Danndorf und 7 Wienhausen sind ebenfalls Sonderherkünfte und wurden von BORCHERS (Deutsche Kontrollvereinigung 1967) eingehend beschrieben. Bei dem Erntebestand im Forstamt Danndorf, der zur Sonderherkunft „Drömling-Roterle“ gehört, handelt es sich um das letzte autochthone Relikt des ehemaligen Danndorfer Brucherlen-Waldes. Der Bodentyp ist als Moorgley anzusprechen. Es handelt sich um einen sekundär stark zersetzten Erlenbruchmoorwaldtorf von 30 - 60 cm Stärke über anlehmigen Sand bis sandigen Lehm mit kaum bewegtem Grundwasser hohen Kalkgehaltes (70/80 mg/l CaO) in 100 - 130 cm Tiefe.

Die Erlen von Wienhausen gehören zur Sonderherkunft „Uetzer Roterle“, zu denen auch die guten Roterlen-Vorkommen im westlichen Teil des Aller-Urstromtales zusammengefaßt sind.

Bei der Herkunft 8 Mariabrunn M 1 — Österreich schließlich handelt es sich um die Absaat von einem Auslesebaum, der im Park von Mariabrunn bei Wien steht. Nach Mitteilung von K. HOLZER wurde dieser Baum aus Saatgut gezogen, das Prof. W. WETTSTEIN aus Karlsruhe von einer „triploiden“ Erle mitbrachte.

Die 1961 verschulten Pflanzen wurden im Frühjahr 1962 auf der Versuchsfläche ausgepflanzt und zwar in dreifacher Wiederholung zu je 140 Pflanzen. Als Pflanzverband wurde im Hinblick auf eine bestehende Gefährdung durch den Erlenrüßler ein Verband von 1 x 1 m gewählt. Seit der Pflanzung wurden zwei Läuterungen (1967 und 1969) durchgeführt.



Abb. 1
Oberirdischer Teil der 1968 ausgegrabenen 9j. Schwarzerlen (Herkunft Danndorf)

### 4.2 *Höhen- und Durchmesser-Entwicklung*

Die Pflanzenhöhen wurden im Alter von 3, 6, 9 und 11 Jahren gemessen. Die Ergebnisse sind im Auszug (für Alter 3, 9 und 11 Jahre) in Tabelle 1 dargestellt. Die Höhenentwicklung war in den ersten Jahren nach der Anlage der Versuchsfläche sehr stark durch Erlenrüßlerbefall (Cryptorrhynchus lapathi) gestört. Zahlreiche Kronenbrüche traten auf, so daß die Höhenentwicklung nicht zuverlässig verfolgt werden konnte. Aus diesen Gründen wurden auch die Ergebnisse der Aufnahme im Alter von 6 Jahren nicht in die Tabelle aufgenommen.

Tabelle 1
**Wuchsentwicklung von Schwarzerlen verschiedener Herkunft**

| Herkunft | Alter 3 Jahre Höhe m | Alter 9 Jahre Höhe m | Alter 9 Jahre Durchm. 1 m cm | Alter 11 Jahre Höhe m | Alter 11 Jahre Durchm. 1 m cm |
|---|---|---|---|---|---|
| Peiting | 1,38 | 5,8 | 4,3 | 7,4 | 6,2 |
| Nürnberg | 1,41 | 5,2 | 4,4 | 7,2 | 6,0 |
| Mörfelden | 1,29 | 5,6 | 4,0 | 6,8 | 6,0 |
| Wolfgang | 1,48 | 5,6 | 4,2 | 7,2 | 6,1 |
| Oberursel | 1,56 | 5,9 | 4,4 | 7,3 | 6,2 |
| Danndorf | 1,18 | 5,1 | 4,0 | 6,7 | 6,1 |
| Wienhausen | 1,23 | 5,2 | 4,1 | 6,8 | 6,1 |
| Mariabrunn | 1,41 | 6,2 | 4,7 | 7,8 | 6,5 |

Von den Kronenbrüchen weniger beeinflußt ist die Entwicklung der Durchmesser, obwohl natürlich bei einem Teilverlust der Krone und einer entsprechenden Reduzierung des Assimilationsapparates auch die Stärkeentwicklung gehemmt wird. Die Durchmesser in 1 m Höhe wurden ab dem Alter 9 Jahre gemessen.

Im Hinblick auf die Kronenschäden der vergangenen Jahre muß der bisherige Entwicklungsgang sehr vorsichtig beurteilt werden. Die weitere Entwicklung ist abzuwarten. Allgemein kann festgestellt werden, daß die Differenzierung der Herkünfte bei der weniger gestörten Durchmesserentwicklung sehr gering ist. Nur die Herkunft Mariabrunn hebt sich ab. Bei der Höhenentwicklung ist die Differenzierung etwas stärker.

Geht man davon aus, daß alle Herkünfte in gleicher Weise durch den Erlenrüßler geschädigt wurden, so können unter Berücksichtigung der im Alter von 11 Jahren erreichten Höhen und Durchmesser folgende Wuchsgruppen gebildet werden:

1. Mariabrunn (Karlsruhe)
2. Peiting — Oberursel — Wolfgang — Nürnberg
3. Mörfelden — Wienhausen — Danndorf



Abb. 2
Blick in die Grabung (1968) — Herkunft Mariabrunn

### 4.3 *Wurzelentwicklung*

Die Ausgrabung von Wurzeln von 9 bzw. 11j. Schwarzerlenbäumen erfordert bei Wurzeltiefen von rund 1,5 m und Wurzelbreiten von 1,5 — 2,5 m einen außerordentlichen Arbeitsaufwand und hohe Kosten. Von diesem letzten Faktor her war daher der Umfang der Probenahme stark begrenzt.

Methodisch wurde so vorgegangen, daß bei der ersten Auswertung im Alter von 9 Jahren von allen Herkünften je 3 Wurzeln ausgegraben wurden. Als sich bei dieser ersten Stichprobenahme zeigte, daß sich vor allem die Herkünfte Wolfgang und Danndorf sehr stark voneinander unterscheiden, wurden bei diesen Her-

Tabelle 2
**Morphologische Merkmale von Schwarzerlen verschiedener Herkunfte**
im Alter von 9 Jahren (je 3 bzw. 6 Bäume)

| Herkunft | Höhe cm | Durchmesser in 1 m mm | Kronenbreite cm | Wurzelbreite cm | Wurzeltiefe cm | Gesamtgewicht kg | Wurzelgewicht kg | Wurzelprozent % | Wurzelgewicht je m Sproßlänge kg | Wurzelgewicht je cm Durchmesser kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peiting | 420 | 47 | 253 | 167 | 142 | 11,7 | 3,6 | 31 | 0,86 | 0,77 |
| Nürnberg | 501 | 45 | 273 | 190 | 132 | 9,1 | 2,5 | 27 | 0,50 | 0,55 |
| Mörfelden | 473 | 49 | 230 | 243 | 137 | 10,3 | 3,0 | 29 | 0,64 | 0,61 |
| Wolfgang | 544 | 44 | 205 | 197 | 121 | 10,5 | 2,6 | 25 | 0,48 | 0,59 |
| Oberursel | 688 | 53 | 290 | 233 | 138 | 19,7 | 4.6 | 23 | 0,67 | 0,87 |
| Danndorf | 538 | 54 | 227 | 166 | 160 | 14,2 | 4.8 | 34 | 0,89 | 0,89 |
| Wienhausen | 417 | 40 | 260 | 183 | 147 | 10,0 | 2,6 | 26 | 0,62 | 0,65 |
| Mariabrunn (Karlsruhe) | 620 | 50 | 240 | 247 | 148 | 11,7 | 3,5 | 30 | 0,56 | 0,70 |

Tabelle 3
**Morphologische Merkmale der Herkünfte Wolfgang/Hessen (Kinzig-Erle) und Danndorf/Niedersachsen (Drömling-Erle) im Alter von 9 und 11 Jahren (je 6 Bäume)**

| Herkunft | Höhe cm | Durchmesser in 1 m mm | Kronenbreite cm | Wurzelbreite cm | Wurzeltiefe cm | Gesamtgewicht kg | Wurzelgewicht kg | Wurzelprozent % | Wurzelgewicht je m Sproßlänge kg | Wurzelgewicht je cm Durchmesser kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alter 9 Jahre | | | | | | | | | | |
| Wolfgang | 544 | 44 | 205 | 197 | 121 | 10,5 | 2,6 | 25 | 0,48 | 0,59 |
| Danndorf | 538 | 54 | 227 | 166 | 160 | 14,2 | 4,8 | 34 | 0,89 | 0,89 |
| Alter 11 Jahre | | | | | | | | | | |
| Wolfgang | 748 | 63 | 230 | 223 | 145 | 17,1 | 4,4 | 26 | 0,59 | 0,70 |
| Danndorf | 727 | 63 | 222 | 222 | 151 | 18,2 | 5,9 | 32 | 0,81 | 0,94 |
| Mittelwerte beider Messungen | | | | | | | | | | |
| Wolfgang | 636 | 54 | 218 | 210 | 133 | 13,8 | 3,5 | 25 | 0,55 | 0,65 |
| Danndorf | 633 | 59 | 225 | 194 | 156 | 16,2 | 5,3 | 33 | 0,84 | 0,90 |

künften weitere 3 Bäume ausgegraben, insgesamt somit je Herkunft 6 Bäume.

Die Auswertung der Wurzelmessungen im folgenden Jahr ließ es wünschenswert erscheinen, die erzielten Ergebnisse durch eine weitere Grabung zu überprüfen. Dieser Plan konnte jedoch erst ein weiteres Jahr später verwirklicht werden, als die Bäume ein Alter von 11 Jahren erreicht hatten. Von den beiden Herküften Wolfgang und Danndorf wurden dann nochmals je 6 Bäume, insgesamt somit je 12 Bäume ausgegraben. Bei der zweiten Probenahme wurden die Grabungen auf allen 3 Wiederholungsflächen durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser zwei Probenahmen sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt.

*Wurzelgewicht:*

Ein erster Weiser für die Wurzelentwicklung ist das Wurzelgewicht (bei diesen Messungen immer Frischgewicht). Beschränkt man sich auf den Vergleich der Herkünfte Wolfgang und Danndorf, so zeigt sich eine klare Überlegenheit der Herkunft Danndorf.

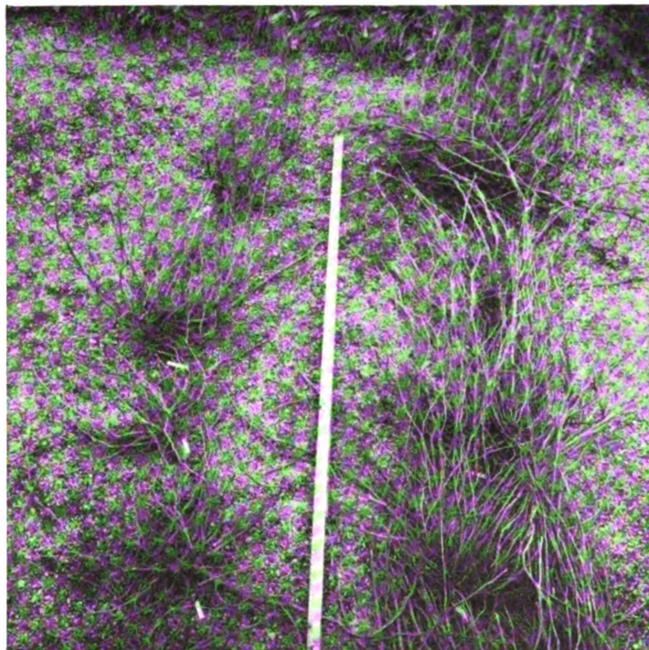


Abb. 3
9j. Wurzeln der Schwarzerlenherkünfte Wolfgang (links) und Danndorf (rechts)

Das Wurzelgewicht ist selbstverständlich beeinflußt von der Gesamtentwicklung des Baumes. Sein Verhältnis zu dieser Gesamtentwicklung zeigt das Wurzelprozent an. Auch hinsichtlich dieses Faktors läßt sich eine deutliche Differenzierung erkennen. Bei der Herkunft Wolfgang beträgt das Wurzelprozent in dieser Altersstufe im Durchschnitt 25, bei der Herkunft Danndorf im Durchschnitt 33, das ist also ein Wurzelanteil von 1/4 bzw. 1/3 des Gesamtgewichtes.

Eine weitere Möglichkeit, den Einfluß der Gesamtentwicklung eines Baumes auf die Wurzelentwicklung auszuschalten, bietet die Beziehung: Wurzelgewicht je m Sproßlänge sowie Wurzelgewicht je cm Durchmesser. Auch bei diesen beiden Faktoren ergeben sich starke Unterschiede.

*Wurzelvolumen:*

Neben dem Wurzelgewicht wurde bei den Wurzeln der Grabung im Alter von 11 Jahren auch das Wurzelvolumen bestimmt. Die Ermittlung des Volumens durch Messung der Wasserverdrängung bereitete einige Schwierigkeiten, insbesondere wegen der Oberflächenspannung des Wassers, der relativ großen Oberfläche des Meßgefäßes und dem Auftrieb der Wurzel. In die Seitenwand des Behälters wurde ein Beobachtungsfenster mit verstellbarer Null-Markierung eingesetzt. Diese Markierung wurde bei absolut ruhiger Wasserfläche auf einen sehr dünnen Schwimmer justiert.

Danach wurde die Wurzel eingetaucht und durch ein eingespanntes Querholz festgehalten. Über einen Schlauch wurde dann bei wieder völlig beruhigtem Wasserspiegel solange Wasser in einen Auffangbehälter abgelassen, bis der Wasserspiegel die Null-Markierung wieder erreicht hatte. Die Messung der ausgeflossenen Wassermenge im Auffangbehälter ergab das Wurzelvolumen (Tabelle 4).

Tabelle 4
**Wurzelvolumen der Herkünfte Wolfgang/Hessen und Danndorf/Niedersachsen im Alter von 11 Jahren**

| | Wolfgang | Danndorf |
|---|---|---|
| Wurzelvolumen (cdm) | 4,78 | 7,45 |
| Vol. je m Sproßlänge (cdm) | 0,64 | 1,02 |
| Vol. je cm Durchmesser (cdm) | 0,76 | 1,18 |

Die Übersicht zeigt, daß die Herkunft Danndorf hinsichtlich des Wurzelvolumens sowohl in den absoluten Werten wie auch in den Bezugswerten zu Sproßlänge und Sproßdurchmesser der Herkunft Wolfgang eindeutig überlegen ist. Die Unterschiede im Wurzelvolumen sind größer als im Wurzelgewicht. Dies bedeutet, daß die Herkunft Danndorf zusätzlich zum höheren Wurzelgewicht über eine höhere Bewurzelungsintensität verfügt.

*Wurzeltracht:*

Die artbedingte Wurzeltracht der Schwarzerle wird von Köstler, Brückner u. Bibelriether (1968) eingehend beschrieben. Die Schwarzerle besitzt demnach eine sehr starke Veranlagung, ihre Wurzeln in vertikaler Richtung auszubreiten. Vom Stock entspringende, schwächere Horizontalwurzeln erreichen im allgemeinen nur eine geringe Reichweite und verlaufen dann — mit Ausnahme sekundärer Horizontalabzweigungen — bogenförmig in die Tiefe. Das Wurzelwerk erhält dadurch eine „glockenförmige Gestalt“, worauf erstmals Kreutzer (1961) hingewiesen hat. Diese glockenförmige Gestalt ist vor allem auf Abb. 4 d sehr schön zu sehen.

Trotz dieser meist gut erkennbaren Grundform der Wurzeln war die Wurzeltracht der ausgegrabenen Bäume keineswegs einheitlich, obwohl der Standort als ziemlich gleichmäßig angesprochen werden kann. Von besonderem Interesse war auch hier der Vergleich der Herkünfte Wolfgang und Danndorf, die mit je 4 charakteristischen Wurzeln in den Abb. 4 und 5 dargestellt sind. Das intensive streng in die Tiefe gerichtete Wurzelsystem der Herkunft Danndorf hebt sich deutlich von der Herkunft Wolfgang ab.

*Signifikanz der Bewurzelungsunterschiede:*

Alle im Rahmen dieser Untersuchung ermittelten Ergebnisse — Wurzelgewicht, Wurzelvolumen und Wurzeltracht — zeigen, daß zwischen den Herkünften Wolfgang und Danndorf erhebliche Unterschiede in der Wurzelentwicklung bestehen. Um zu prüfen, ob diese Unterschiede statistisch gesichert sind, wurde bei dem die Wurzelentwicklung am besten repräsentierenden Wert, dem Wurzelgewicht je m Sproßlänge, der t-Test durchgeführt.

Die Prüfung der Wurzelgrabung 1968 ergab Signifikanz der Unterschiede bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 %, jedoch keine Signifikanz bei der Wurzelgrabung 1970. Bei dieser zweiten Wurzelgrabung waren die Unterschiede erst bei P = 22 % gesichert. Dieses unterschiedliche Ergebnis ist offensichtlich auf die

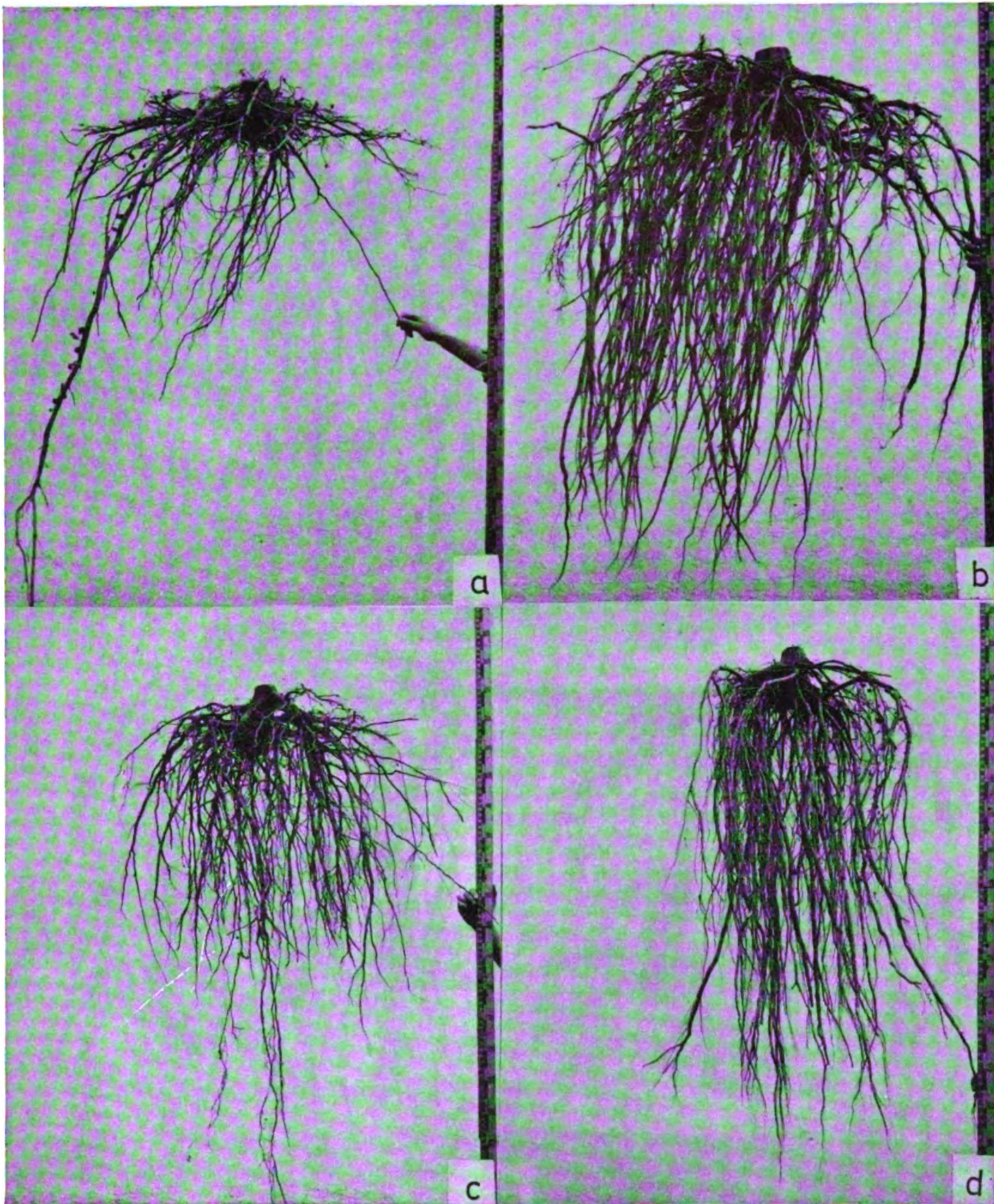



Abb. 4
9j. Schwarzerlenwurzeln der Herkünfte Wolfgang (links) und Danndorf (rechts)
a und b charakteristische Wurzeln der beiden Herkünfte
a) Wolfgang (Baum 4.2) WG/L = 0,45
b) Danndorf (Baum 16.2) WG/L = 1,02
c und d Wurzeln ungefähr gleicher Gewichtsverhältnisse der beiden Herkünfte
c) Wolfgang (Baum 4.5) WG/L = 0,51
d) Danndorf (Baum 16.3) WG/L = 0,59

geringe, aus finanziellen Gründen jedoch nicht höher mögliche Probenahme bei den Wurzelgrabungen zurückzuführen.

Es war nun zu prüfen, ob für den t-Test die beiden Grabungen 1968 und 1970 zusammengenommen werden können, um eine höhere Anzahl von Wurzeln zu erreichen. In einer früheren Untersuchung (SCHMIDT-VOGT 1966) war festgestellt worden, daß das Wurzelgewicht je Einheit Sproßlänge von der Größe der Pflanze abhängig ist und daß dieser Quotient bei steigendem Standraum steigt, und zwar sehr ausgeprägt, bei Wuchssteigerung durch Stickstoffdüngung jedoch teilweise unverändert bleibt und teilweise sogar sinkende Tendenz zeigt.

Bei ausschließlicher Abhängigkeit vom Alter, die in diesem Versuch bei gleichem Standraum und gleichem Standort gegeben war, errechnet sich unter Zugrundelegung der früher bei 3 j. Schwarzerlen erreichten Werte für das Verhältnis Wurzelgewicht: Sproßlänge eine erhebliche Steigerung. Bei 3 j. (1/2) Schwarzerlen betrug der Quotient bei Sproßlängen von rund 1,5 m und Wurzelfrischgewichten von rund 75 g ungefähr 50 g/m.

Im Alter von 9 Jahren ist bei Baumhöhen von rund 5 m und Wurzelgewichten von rund 3,5 kg der Quotient auf rund 700 g/m gestiegen, um im Alter von 11 Jahren bei Baumhöhen von rund

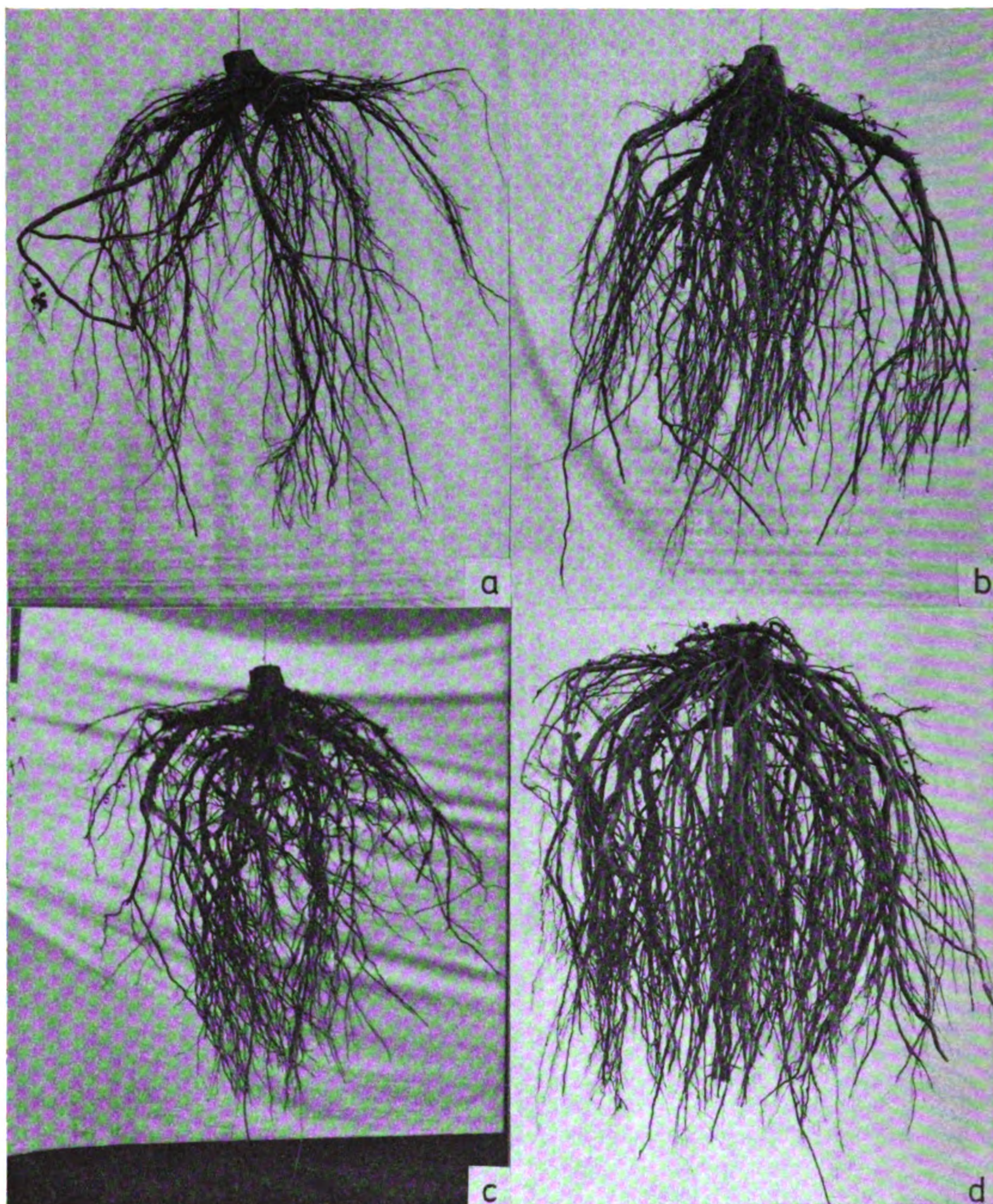



Abb. 5
11j. Schwarzerlenwurzeln der Herkünfte Wolfgang (links) und Danndorf (rechts)
a und b charakteristische Wurzeln der beiden Herkünfte
a) Wolfgang (Baum 24.2) WG/L = 0,59
b) Danndorf (Baum 14.1) WG/L = 0,83
c und d jeweils stärkste ausgegrabene Wurzeln der beiden Herkünfte
c) Wolfgang (Baum 14.1) WG/L = 0,78
d) Danndorf (Baum 26.2) WG/L = 1,63
WG/L = Wurzelgewicht je m Sproßlänge

7 m und Wurzelgewichten von rund 5 kg bei den gemessenen Pflanzen ungefähr auf gleicher Höhe zu bleiben.

Die im Alter von 9 und 11 Jahren ermittelten Wurzelgewichte je m Sproßlänge lassen also eine eindeutige von der 2 jährigen Altersdifferenz abhängige Entwicklungsrichtung nicht erkennen. Zumindest wird eine Entwicklungstendenz von der Streuung der Stichprobe überdeckt. Es war daher zulässig, für einen weiteren Test die Wurzelgrabungen der Jahre 1968 und 1970 zusammenzunehmen, so daß je Herkunft 12 Bäume miteinander verglichen werden konnten. Bei diesem dritten Test ergab sich hinsichtlich des Wurzelgewichts je m Sproßlänge bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 % wiederum Signifikanz der Unterschiede.

Interpretiert man dieses Ergebnis im Hinblick auf die geringe Zahl der Wurzelausgrabungen vorsichtig, so kann doch gesagt werden, daß mit hoher Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen ist, daß zwischen Herkünften von Schwarzerlen erhebliche Unterschiede in der Wurzelintensität gegeben sind.

## 5. Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse bestätigen, daß auch bei der Schwarzerle wie bei anderen Baumarten mit Wuchsunterschieden zwischen verschiedenen Herkünften zu rechnen ist. Der starke Befall der Versuchsfläche durch den Erlenrüßler und die hierauf aufgetretenen Kronenbrüche

lassen zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine zuverlässige Bewertung der Höhenentwicklung noch nicht zu. Bemerkenswert ist jedoch die Herkunft Mariabrunn, ein Einzelbaum, der aus Saatgut aus dem Raum Karlsruhe entstanden ist. Nach schriftlicher Mitteilung von K. HOLZER erwies sich dieser Baum im Pflanzengartenalter als sehr frohwüchsig, später zeigte er jedoch keinerlei Vorwüchsigkeit. Die weitere Entwicklung wird also abzuwarten sein.

Von besonderem Interesse ist die Wurzelentwicklung. Hier ergibt sich, daß auch die Schwarzerle zu den Baumarten gehört, bei denen mit einer Differenzierung der Wurzelentwicklung zwischen verschiedenen Standortsrassen zu rechnen ist. Diese Feststellung ist von ganz besonderer Bedeutung, da auf bestimmten Standorten, wie z. B. Pseudogley, die Wurzelentwicklung der Schwarzerle wichtiger sein kann als das oberirdische Wachstum, vor allem, wenn die Schwarzerle zur Bestandesstabilisierung in Fichtenbestände eingebracht wird.

Die Untersuchungen sagen nichts über die Bewurzelungsverhältnisse aller in den Versuch einbezogenen Herkünfte aus, da nur bei zwei Herkünften, die schon bei der ersten Stichprobe durch starke Unterschiede auffielen, weitere Wurzelgrabungen durchgeführt wurden.

Bei der wüchsigen Herkunft Wolfgang zeigte sich ein nur gering entwickeltes Wurzelwerk, während die langsamwüchsige Herkunft Danndorf sich durch ein sehr intensives Wurzelsystem auszeichnete. Folgt man der bereits erwähnten Beschreibung der Sonderherkunft „Drömling-Roterle" durch BORCHERS (Deutsche Kontrollvereinigung 1967), so gehört das Vorkommen des Danndorfer Bruch-Erlen-Waldes nach der Vegetationskartierung von BUCHWALD (1951) in die Gesellschaft des Schilf-Erlenbruches in den Variationsformen des Himbeer-Schilf-Erlenbruches und des Himbeer-Erlenbruches. Gegenüber der Gesellschaft des echten Schilf-Erlenbruches mit seiner guten Versorgung mit kalkreichem Grundwasser stehen beide Erlenbruch-Gesellschaften infolge einer weniger intensiven Durchdringung der oberen Torfschichten durch das tiefer anstehende, nährstoffreiche Grundwasser auf einer geringeren Leistungsstufe. Wir haben es hier also mit einem Standort zu tun, der auf Grund seiner ungünstigen Grundwasserverhältnisse ein besonders tiefgehendes Wurzelsystem erfordert. Der Gedanke der Ausbildung einer Bodenrasse bei diesem letzten autochthonen Relikt des ehemaligen Danndorfer Bruch-Erlen-Waldes liegt somit nahe.

Auf die Veröffentlichungen von WEISER (1964) und v. SCHÖNBORN (1967) zum Problem der Bodenrassen darf in diesem Zusammenhang hingewiesen werden.

Es ist vorgesehen, der Frage der spezifischen Wurzelausbildung der Schwarzerlenherkünfte Wolfgang und Danndorf auch durch Grabungen in den Mutterbeständen nachzugehen. Auf jeden Fall sollte der jetzt 95j. Schwarzerlenbestand im Forstamt Danndorf (Forstort Giebel Abt. 45 a) weiterhin sorgfältig gepflegt und erhalten werden.

Im Hinblick auf die waldbauliche Bedeutung der Wurzelentwicklung von Waldbäumen, vor allem hinsichtlich der Sturmsicherheit von Beständen und der Erhaltung günstiger Bodenbedingungen, wird es für notwendig gehalten, bei der Auswertung von Provenienzversuchen in Zukunft mehr als bisher auch der Wurzelentwicklung Beachtung zu schenken.

Für Unterstützung und Mithilfe bei den beschriebenen Untersuchungen sowie für die Anlage und Betreuung der Versuchsfläche ist Dank zu sagen den Herren Forstdirektor SCHIRMER, Oberamtsrat Laber, Oberförster LERMER, Oberförster HOFBAUER, Revierförster HARTEL, Haumeister FUCHSREITER und PERTL und im besonderen Oberförster JUNGCLAUS, der die Wurzelausgrabungen und -messungen durchgeführt sowie die Photos angefertigt hat. Für Beratung und Mithilfe bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse danke ich den Herren Prof. Dr. Dr. h. c. PRODAN, Dr. KO und J. ROHDE.

#### Zusammenfassung

Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß die Schwarzerle als die am tiefsten wurzelnde einheimische Baumart bezeichnet werden kann. Dieses tiefgehende Wurzelwerk bildet sich auch auf schwierigen, vernäßten Standorten, so z. B. auf Pseudogley, aus. Die Schwarzerle wird damit ein bedeutender Faktor im Rahmen der biologischen Bodenpflege und ein wesentliches Element der Bestandesstabilisierung.

Aus diesem Grund wurde bei einem 1960 im Forstamt Teisendorf angelegten Schwarzerlen-Herkunftsversuch im Alter von 9 und 11 Jahren neben der Höhen- und Durchmesserentwicklung auch die Wurzelentwicklung untersucht. In den Versuch sind 8 Herkünfte einbezogen. Die Messungen ergaben eine geringe Differenzierung im Höhen- und Durchmesserzuwachs und starke statistisch gesicherte Unterschiede in der Wurzelentwicklung zwischen den Herkünften Wolfgang/Hessen (Rhein-Main-Gebiet) und Danndorf/Niedersachsen (niederdeutsches Tiefland). Bei der wüchsigen Herkunft Wolfgang zeigte sich nur ein gering entwickeltes Wurzelwerk, während die langsamwüchsige Herkunft Danndorf ein sehr intensives Wurzelsystem aufwies.

Bei der Herkunft Danndorf handelt es sich um das letzte Relikt eines ehemaligen Bruch-Erlen-Waldes. Auf diesem Standort sind die oberen Torfschichten durch das tiefer anstehende Grundwasser nur wenig durchdrungen. Der Standort erfordert also ein besonders tiefgehendes Wurzelsystem. Die Ausbildung einer Bodenrasse wird für möglich gehalten.

Im Hinblick auf die waldbauliche Bedeutung der Wurzelentwicklung von Waldbäumen, insbesondere hinsichtlich der Sturmsicherheit von Beständen und der Erhaltung günstiger Bodenbedingungen, wird es für notwendig erachtet, bei der Auswertung von Provenienzversuchen in Zukunft mehr als bisher auch der Wurzelentwicklung Beachtung zu schenken.

#### Summary

Title of the paper: *Growth and Root Development in Alnus glutinosa of Different Provenance.*

Investigations of the last years showed that the alder can be designated as the deepest rooting indigenous tree species. This deep-drawing root system develops on difficult waterlogged sites as, for example, pseudogley soils. The alder is, thereby, a significant factor in the scope of biological soil cultivation and an essential element of forest stand stabilization.

Besides the height and diameter development, the root development was, therefore, investigated in an alder-provenance test, age from 9 to 11 years, set up in the Forest District Teisendorf, 1960. Eight provenances were drawn into the test. The measurements delivered small differentiations in height and diameter increment and strong statistically assured differences in the root development between the provenances Wolfgang/Hessen (Rhein-Main area) and Danndorf (Lower Saxony). Only a slightly developed root system appeared in the quick growing provenance Wolfgang, whereas the slowly growing provenance Danndorf showed a very intensive root system. The provenance Danndorf ist the last relict of a previous alder carr. The upper peat layers on this sit are penetrated very little by the deeper originating sub-soil water. The site requires then an especially deep drawing root system. A formation of a soil race is considered possible.

With regard to the silvicultural importance of the root development of forest trees, especially to the windfirmness of stands and the conservation of favorable soil conditions, it is considered necessary by the interpretation of provenance tests to give more regard to root development in the future than was previously the case. A.


**Résumé**

Titre de l'article: *Croissance et Développement des Racines des Aulnes (Aulnus glutinosa) de différentes Provenances.*

Les recherches des années précédentes ont montré que l'aulne (Alnus glutinosa) peut être considéré dans nos régions comme l'espèce d'arbre qui s'enracine le plus profondément. Ces racines profondes croissent aussi dans les lieux difficiles et humides comme le „Pseudogley". „L'Alnus glutinosa" aura ainsi une grande importance dans le cadre de l'entretien biologique du sol et il sera un élément essentiel de la stabilisation des plantations.

C'est pour cette raison que dans le service des eaux et forêts à Teisendorf où les aulnes avaient été planté en 1960, on étudiait les arbres de 9 ans et de 11 ans concernant non seulement le développement de hauteur et de diamètre, mais aussi le développement des racines. Pour ces recherches les plantations de huit endroits de provenance d'origine ont été considérées. Les mesures avaient pour résultat des différences insignifiantes de l'accroissement de hauteur et de diamètre; mais les différences du développement des racines entre les plantations à Wolfgang/Hessen (la région Rhin-Main) et ceux à Danndorf/Niedersachsen (Basse-Allemagne) étaient très grandes comme la statistique le prouve. La plantation à Wolfgang à montrait des racines peu développées tandis que la plantation à Danndorf révélait un système de racines très intensif.

Concernant la plantation de Danndorf il s'agit du dernier reste d'un ancien forêt d'aulnes dans le marécage. A cet endroit les couches supérieurs de tourbe sont peu pénétrées par les eaux souterraines. Par conséquent l'endroit demande un système de racines particulièrement profond.

Ce qui concerne l'importance du développement des racines des arbres pour l'exploitation forstière surtout ce qui concerne la sécurité des plantations pendant des tempêtes et la conservation des conditions propices du sol, nous jugeons nécessaire que pendant les recherches des provenances il faudra analyser plus attentivement que jusqu'a maintenant le développement des racines. A.


**Literatur**


Allen, R. M., 1969: Racial Variation in Physiological Characteristics of Shortleaf Pine Roots. Silvae Genetica 18, 40 - 43. — Bansi, 1924: Zur Provenienzfrage der Roterle. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 56, 166 - 168. — Bibelriether, H., 1964: Unterschiedliche Wurzelbildung bei Kiefer verschiedener Provenienzen. Fw. Centralbl. 83, 129 - 140. — Brown, J. H., 1967: Patterns of variations in root systems of Scotch pine provenances. Diss. Abst. 28. — Buchwald, K., 1951: Bruchwaldgesellschaften im Großen und Kleinen Moor; Forstamt Danndorf (Drömling). Angew. Pflanzen-Soziologie. — Cieslar, A., 1890: Die Zuchtwahl in der Forstwirtschaft. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen 16, 448 - 456. — Deutsche Kontrollvereinigung für forstliches Saat- und Pflanzgut, 1967: Wertvolle Herkünfte forstlicher Baumarten in der Bundesrepublik Deutschland. München-Basel-Wien. — Engler, A., 1905: Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. I. Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen 8, 81 - 236. — Köstler, J. N. u. H. G. Sommer, 1962: Versuche zur Frage der Bodensanierung im Forstamt Waldsassen. Fw. Centralbl. 81, 257 - 268. — Köstler, J. N., E. Brückner u. H. Bibelriether, 1968: Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg u. Berlin. — Kreutzer, K., 1961: Wurzelbildung junger Waldbäume auf Pseudogley. Fw. Centralbl. 80, 356 - 392. — Kreutzer, K., 1968: The root system of the red alder (Alnus glutinosa Gärtn.). In: Tagungsberichte des internationalen Symposiums „Methods of productivity studies in root systems and rhizospere organisms" in Moskau u. Leningrad. Leningrad. — Leibundgut, H. u. S. Dafis, 1964: Untersuchungen über das Wurzelwachstum verschiedener Baumarten. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 115, 444 - 450. — Münch, E. 1936: Das Erlensterben. Fw. Centralbl. 59, 173 - 194, 230 - 248. — Nägeli, W., 1939: Einfluß der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. IV. Mitt. Die Fichte. Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen 17, 150 - 237. — Rehfeldt, G. E., 1970: Genecology of Larix laricina (Du Roi) K. Koch in Wisconsin. I. Patterns of Natural Variation. Silvae Genetica 19, 9 - 16. — Rubner, K., 1954: Die Roterlengesellschaft der oberbayer. Grundmoräne. Forstarchiv 25, 137 - 142. — Rubner, K., 1960: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. 5. Aufl. Radebeul u. Berlin. — Schmidt-Vogt, H., 1966: Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. 2. erw. Aufl. von: Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen. München-Basel-Wien. — Schmidt-Vogt, H., 1967: Growth and Root Development in Alnus glutinosa of Different Provenance. Second World Consultation on Forest Tree Breeding. Vol. 1, 725 - 731, Washington, D. C. — Schoch, O., 1964: Untersuchungen über Stockraumbewurzelung verschiedener Baumarten im Gebiet der oberschwäbischen Jung- und Altmoräne. In: Arbeitsgem. Oberschwäb. Fichtenreviere: Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben. Stuttgart. — Schönborn, v. H., 1967: Gibt es Bodenrassen bei Waldbäumen? Mitt. aus der Staatsforstverw. Bayerns 36, 289- -297, München. — Trappe, J. M., J. F. Franklin, R. F. Tarrant u. G. M. Hansen, 1968: Biology of Alder. Portland, Oregon. — Weiser, F., 1964: Beitrag zum Problem der sog. Bodenrassen bei unseren Waldbäumen unter besond. Berücksichtigung der Esche, Fraxinus excelsior L. Fw. Centralbl. 83, 23 - 33. — Weiss, M., 1964: Möglichkeiten einer züchterischen Verbesserung der heimischen Erlenarten, insbesondere der Schwarzerle — Alnus glutinosa (L.) Gärtn. Diss. Tharandt. — Wunder, W., 1962: Vergleichende biologische Studien an Provenienzen der Douglasie (Pseudotsuga tax.) und japanischen Lärche (Larix leptolepis). Dipl. Arbeit Freibung. — Wunder, W., 1965: Untersuchungen über das Jugendwachstum, die vegetative und sexuelle Vermehrung von 7 japanischen Lärchenprovenienzen. Diss. Freiburg.


# Zur Sorten- und Wertberechnung von Waldbeständen


(Aus der Baden-Württ. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Freiburg im Breisgau, Abt. Biometrie)

(Mit 3 Abbildungen)

Von W. Schöpfer, D. Nagel, J. Mikloss, G. Gehrmann


## 0. Einleitung

Zur rechnerischen Aufgliederung des Holzvorrats hiebsreifer bzw. annähernd hiebsreifer Waldbestände in die verkaufsüblichen Sortimente haben Ertragskunde und Holzmeßlehre eine Reihe graphischer, tabellarischer und rechnerischer Sortierungshilfsmittel entwickelt. Besonderer Beliebtheit erfreuen sich in der Praxis der Waldwertschätzung die einfach zu handhabenden tabellarischen Sortenertragstafeln sowie die zahlreichen Sortentafeln für den Einzelstamm. Für spezielle Zwecke finden die Modellstammverfahren mit unechten und echten Ausbauchungsreihen Anwendung. Neuerdings wird für Sortierungszwecke zunehmend von den stochastischen Beziehungen im Volumenaufbau der Baumschäfte Gebrauch gemacht.

Das Anwendungsspektrum dieser verschiedenartigsten Sortierungsverfahren und -hilfsmittel in Praxis und Wissenschaft ist außerordentlich breit. Als hauptsächliche Einsatzgebiete kommen in Frage: Allgemeine Waldwertschätzung (Kauf, Tausch, Flurbereinigung usw.), Wertkontrolle, Bilanzierung und Erfolgsrechnung sowie wissenschaftliche Sonderauswertungen für ertragskundliche, waldbauliche und betriebswirtschaftliche Zwecke.

Diese vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Sortierungsverfahren und -hilfsmittel waren seit jeher für viele

Forscher ein Ansporn nach zeit- und kostensparenden Verbesserungen Ausschau zu halten. Gerade bei der gegenwärtig angespannten personellen Situation der Forstwirtschaft und dem noch ständig anwachsenden forstlichen Grundstücksverkehr ist der Zwang zur weiteren Rationalisierung auch auf diesem Teilgebiet der angewandten Holzmeßlehre besonders groß.

Eine weitere Beschleunigung der rechnerischen Sortimentsaufgliederung stehender Waldbäume läßt sich im wesentlichen auf drei Wegen erreichen:

- Vereinfachung der Sortierungsgrundlagen sowie Koppelung der Sortierverfahren mit arbeitssparenden Tarif- oder Reihenverfahren.
- Entwicklung nomographischer Rechenhilfsmittel, insbesondere Konstruktion von Sorten- und Wertrechnungsschiebern.
- Programmierung formalisierter Bewertungsverfahren und Auswertung mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen. (Zusammenfassende Darstellungen zu allen drei Punkten in: SCHÖPFER 3, 4, 7.)

Von den drei genannten Maßnahmen wird hier lediglich auf die programmierte Variante der Sorten- und Wertberechnung von Waldbeständen eingegangen.

### 1.0. **Bisherige Programmversionen**

Im Gegensatz zu den rechnerisch-graphischen und den mechanisch-instrumentellen Hilfsmitteln sind die programmierten Sortier- und Bewertungsverfahren ein Produkt der jüngsten Vergangenheit. Die ersten tastenden Versuche hierzu reichen in die Anfänge der 60er Jahre zurück (THOMMEN 9, SCHÖPFER 1). Die kommerzielle Nutzung ließ nicht lange auf sich warten. So wurde beispielsweise bereits 1964 in Baden-Württemberg die erste standardisierte Version eines Sortierverfahrens auf Lochkartenbasis für die Praxis freigegeben. 1965 folgten die drei restlichen Programmvarianten für die übrigen Baumarten.

Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen werden zunächst die seit 1964 in der Waldwertschätzung des Landes Baden-Württemberg eingeführten Bewertungsprogramme geschildert. Der an einer eingehenderen Programmbeschreibung bzw. an einer Darstellung der mathematischen Grundlagen interessierte Leser sei auf die einschlägigen Publikationen verwiesen (SCHÖPFER 4, 5, 6).

### 1.1. *Programmvariante I — Wertreihenverfahren*

Das Programm ist auf die in Süddeutschland gebräuchliche, nach Mindestzopf und Mindestlänge normierte Langholzaushaltung (sog. Heilbronner Sortierung) für Fichte, Tanne und Douglasie abgestellt. Das programmierte Bewertungsverfahren basiert im wesentlichen auf einer systematischen Weiterentwicklung der bekannten Massen- und Formhöhenreihen von v. LAER / SPIECKER zu Wert-, Vorgabezeit- und Erntemassenreihen (SCHÖPFER 8). Ausgehend von wenigen mathematisch formulierten, baumartentypischen Basisreihen wird auf einfache Weise der erntekostenfreie Holzwert von Beständen nach Durchmesserstufen gegliedert berechnet. Ein System von Korrekturfaktoren ermöglicht die Einpendelung auf das bestandesindividuelle Niveau. Mit wenigen zusätzlichen baumartenspezifischen Preisgleichungen für Stamm- und Schichtholz wird der aktuelle Bestandeswert bei gegebener Holzqualität und Marktlage hergeleitet.

Die Eigenheiten der Rechnungsgrundlagen erfordern einen auf das spezielle Verfahren abgestellten Eingabebeleg.

### 1.2. *Programmvariante II und III — Modellstammverfahren mit unechten Ausbauchungsreihen*

Für die Bewertung von Rein- und Mischbeständen aus Laubholz sowie aus Kiefer und Lärche wurden zwei gesonderte Programme geschrieben. Wegen der teilweisen beträchtlichen qualitativen Differenzierung (man denke an wertvolle Laubholzbestände), der vorgeschriebenen Sortimentierung nach Mittendurchmesser und der Forderung nach einem aussagefähigen Output lag es nahe, baumartentypische durchschnittliche Ausbauchungsreihen für das Rechenmodell zu wählen. Die individuellen Besonderheiten im Sortenaufbau eines Baumes oder eines Bestandes lassen sich mit den bekannten Modellstammverfahren optimal erfassen und ausdrücken.

Um mit der begrenzten Kernspeicherkapazität der ursprünglich benutzten Anlage der 2. Generation (IBM 1401, 12 K) auszukommen, ging das Programm von den durch eine zweckentsprechende Formalisierung verdichteten Unterlagen aus. Das programmierte Modellstammverfahren besteht letztlich in einer operationellen Verknüpfung von vier Grundfunktionstypen: Volumen-, Höhen-, Form- und Rindengleichungen.

Die besonderen Anforderungen an den Ergebnisausdruck und das Rechenmodell erfordern einen erheblich von dem Wertreihenverfahren abweichenden Lochkartenbeleg.

### 1.3. *Programmvariante IV — Modellstammverfahren mit echten Ausbauchungsreihen*

Von allen vier im praktischen Einsatz stehenden Programmen stellt die Programmversion IV den vorläufigen Höhepunkt der Entwicklungsreihe dar. Das Programm erlaubt erstmals eine echte bestandesindividuelle Sortierung und befriedigt damit höchste wissenschaftliche Anforderungen. Anstelle der durchschnittlichen Formzahlwerte der Programmvarianten I - III tritt die am konkreten Bestand gemessene echte Ausbauchungsreihe, repräsentiert durch die echte Formzahl $\lambda_{09}$. Die damit verbundene Mehrarbeit (Messung des $d_{09}$ an einer repräsentativen Zahl von Stämmen) bedeutet aber, daß dieses am weitesten entwickelte Konzept einer automatischen Sortierung für die Praxis der Waldwertschätzung nur in Sonderfällen von Interesse ist. Diese Programmversion ist daher auch in erster Linie für die ertragskundliche und waldbauliche Versuchsflächenauswertung gedacht.

Das Rechenmodell der echten Ausbauchungsreihen unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der unechten. Die z. T. veränderten Eingabewerte bedingen allerdings einen modifizierten Ablochbeleg.

### 2.0. **Das neue Programmpaket**

Mit der Umstellung der in einer maschinenorientierten Programmiersprache abgefaßten 1401-Programme auf ein IBM-System/360 ergab sich die Notwendigkeit, die zur Zeit noch im Einsatz befindlichen Programme umzuschreiben. Dieser erzwungene Umstand bot eine willkommene Gelegenheit, den Gesamtkomplex der Bewertungsverfahren kritisch zu überdenken und einige naheliegende Verbesserungen vorzunehmen. Auf diese Notwendigkeit wies der Erstverfasser bereits 1966 in einem abschließenden Kapitel hin: „Zunächst eröffnen sich mit der sprunghaften Vergrößerung der Speicherkapazität und der Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Computers völlig neue Perspektiven hinsichtlich der Verfeinerung und Perfektionierung der hier diskutierten Bewertungsverfahren. So liegt beispielsweise der Gedanke nahe, die vier Teilprogramme zu einem einzigen Bewertungsprogramm umzubauen und zu verdichten. Hierbei kann man entweder die Varianten I bis IV mosaikartig zu einem Gesamtprogramm zusammenfügen, wobei die Einzelprogramme nach Bedarf abgerufen werden, oder aber man entwickelt auf der Grundlage der jetzigen Verfahren ein neues in sich geschlossenes Formelsystem, das allen bisherigen Varianten genügt. Die große Speicherkapazität der bestellten Anlage (IBM 360/40, 128 K) macht künftig eine noch weitergehende Aufgliederung der Bewertungsergebnisse möglich. Die teilweise lästigen Programmbegrenzungen fallen weg. Verbesserungsvor-

schläge und Ergänzungen, die bisher aus Platzmangel nicht berücksichtigt werden konnten, lassen sich mühelos in ein neues Programm einbauen".

Inwieweit diese nach Abschluß der Erstprogrammierung formulierten Forderungen im neuen Programmkonzept realisiert wurden, läßt sich den folgenden Ausführungen entnehmen.

### 2.1. *Der Eingabebeleg*

Im Interesse einer besseren Verständlichkeit und leichteren Handhabung für den Benutzer wurde das neue Programmpaket auf einen einzigen standardisierten Eingabebeleg (Abb. 1) ausgerichtet. Dieser für insgesamt 47 Baumarten bzw. Baumarten-Sammelbegriffe (Baumartenabkürzungen auf der Vorderseite des Belegs) gültige Einheitsbeleg WR 1 löst damit die drei voneinander abweichenden Lochkartenformulare der Wertberechnungsverfahren I - III ab. Der für wissenschaftliche Sonderuntersuchungen gedachte Beleg der alten Programmversion IV soll hier nicht weiter interessieren, da dieser Programmteil ohnehin aus dem neuen Programmpaket ausgeklammert wurde (siehe hierzu die Ausführungen in Abschnitt 3.0).

Eine ausführliche Anleitung zum Ausfüllen des Vordrucks ist auf der Rückseite eines jeden Belegs zusammen mit einem beispielhaft ausgefüllten Formular aufgedruckt. Hier sollen daher nur einige bemerkenswerte Abweichungen gegenüber den bisherigen Belegen festgehalten werden.

Der Belegaufbau und die Belegeinteilung wurde gegenüber den alten Vordrucken wesentlich verbessert und weiterentwickelt. Die Zahl der Kartenarten (KA) wurde von 4 auf 3 reduziert. Die Lochfeldeinteilung dieser in drei horizontalen Blöcken angeordneten Datensätze beinhaltet im wesentlichen folgende Merkmale:

*KA 1:* Identifikations- und Flächendaten, Korrektur- und Kostenfaktoren, Schichtholzpreis sowie Steuerzeichen für einen operationellen, für Forschungszwecke gedachten Programmeinsatz.

*KA 2:* Absolute Stammholzpreise nach Stärkeklassen für die 5 HOMA-Güteklassen F, TF, A B und C.

*KA 3:* Güteklassengliederung der Durchmesserverteilung eines Bestandes oder der Einzelbäume.

Für jede Baumart eines Bestandes ist grundsätzlich ein Einzelbeleg auszufüllen. Bei Mischbeständen genügt es, wenn das stark umrandete Feld der KA 1 jeweils nur bei der ersten vorkommenden Baumart eines Bestandes ausgefüllt wird.

Zum Unterschied zu den alten Programmversionen läßt das neue Konzept nur noch die Eingabe absoluter Stammholzpreise zu.

Schließlich hat der neue Einheitsbeleg gegenüber den alten Vordrucken eine merklich größere Informationskapazität. Auf einem Blatt lassen sich die Sortierdaten von 54 Durchmesserstufen unterbringen. Fortsetzungsbelege sind bei entsprechender Kennzeichnung in beliebiger Zahl zulässig.

Das ausgerasterte Feld der KA 1 ist für den operationellen Einsatz des Programmpakets für eine Reihe von Sonderfragen vorgesehen. Die Eintragung bestimmter Steuerzeichen in den entsprechenden Lochspalten ermöglicht verschiedene von der Standardversion abweichende Sonderauswertungen:

*KA 1 Spalte „Sorte":* (gilt nur für den FI/TA/DGL-Sortierkomplex)

Steuerzeichen

0 = Heilbronner Sortierung ohne Draufholz (= Standardversion)
1 = Heilbronner Sortierung mit Draufholz
2 = Mittenstärkensortierung (Angabe Grenzzopf o. R. in cm)
3 = Heilbronner Sortierung ohne Draufholz mit Faulholzabschnitt am Stammfuß (Angabe Faulholzlänge in m)

*KA 1 Spalte „SZ":* (gilt für alle Baumarten mit Ausnahme der FI/TA/DGL-Gruppe)

0 = unechte Ausbauchungsreihen (= Standardversion)
1 = echte Ausbauchungsreihen

Aus Vereinfachungs- und Sicherheitsgründen wird für den praktischen Gebrauch in der Waldwertschätzung des Landes Baden-

WR 1 **Lochkartenbeleg für die Wertberechnung** Blatt Nr. ..4...

(Einheitsbeleg für alle Baumarten)

| KA | Forstamt | Waldbesitzer | Distr. | Abteilung | U.-abt. | Unterfläche | M T | Fläche in ha | Baumart | Redukt.-faktor | Minutenwert in DM | Schichtholz DM/Efm o.R. | Sorte | Zopf o.R. cm | Faulh. Länge m | SZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 192 | 1 | 5 | 10 | 3 | 12 | 1 | 3:10 | BU | 0:77 | 0:0961 | 40:00 | 0 | | | |

| Kl. | KA 2 F Stammholz DM/Efm. o.R. | KA 2 T Stammholz DM/Efm. o.R. | KA 2 A Stammholz DM/Efm. o.R. | KA 2 B Stammholz DM/Efm. o.R. | KA 2 C Stammholz DM/Efm. o.R. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (a) | | | | | |
| (b) | | | | | |
| 2 (a) | | | | 45,00 | |
| (b) | | | | 45,00 | |
| 3 (a) | | | | 60,00 | 50,00 |
| (b) | | | | 60,00 | 50,00 |
| 4 | | | | 75,00 | 55,00 |
| 5 | | | | 90,00 | 60,00 |
| 6 | | | | 105,00 | |
| 7 | | | | 105,00 | |
| 8 | | | | 105,00 | |

gültige BA-Abkürzungen

| | | | |
|---|---|---|---|
| FI | WEY | KA | BER |
| SFI | PIN | REI | BI |
| THU | ELA | ES | AK |
| TSU | LAE | BAN | NBU |
| PIC | JLA | SAN | AS |
| SNB | BU | PLA | VB |
| TA | LI | UL | EL |
| ABG | EI | WEI | NEB |
| ABI | SEI | SNU | WNB |
| DGL | TEI | HNB | PA |
| FO | FAH | SLB | SPA |
| SKI | KIR | WER | |

| KA | $d_{1,3}$ cm | n Stück | F | T | A | B | C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 8 | 14 | | | | | |
| | 12 | 32 | | | | | |
| | 16 | 56 | | | | | |
| 3 | 20 | 48 | | | | | |
| | 24 | 46 | | | | | |
| | 28 | 25 | | | | 5 | |
| 3 | 32 | 16 | | | | 6 | |
| | 36 | 6 | | | | 6 | |
| | 40 | 10 | | | | 7 | |
| 3 | 44 | 3 | | | | 7 | 12 |
| | 48 | 1 | | | | 7 | 14 |
| | 56 | 1 | | | | 8 | 15 |
| 3 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

(F, T, A, B, C: vom Boden bis zur oberen Sortengrenze in m)

FVA/Biom 1969

Abbildung 1
Vorderseite des standardisierten Eingabebelegs mit Sortierbeispiel (Buche)

Württemberg zunächst nur eine standardisierte Version freigegeben. In diesem Fall ist in dem ausgerasterten Feld keine Eintragung zu machen.

## 2.2. *Das Programm FLOPSY*

### 2.21. *Allgemeine Konzeption*

Der mit der Vereinheitlichung der belegmäßigen Datenerfassung eingeschlagene Weg wurde auch bei der Neuformulierung der Systemanalyse konsequent weiterverfolgt. An die Stelle der bisherigen drei Einzelprogramme tritt nunmehr ein im Aufbau und in der Anwendung flexibles Einheitsprogamm (FLOPSY). Die Verdichtung der Grundlagen über die Erfassung funktioneller Zusammenhänge zu einem kompakten Programmpaket bedeutet keinen Bruch mit der Kontinuität. Durch Einbau entsprechender Programmzweige bleibt die Übereinstimmung der neuen mit den alten Auswertungsergebnissen auch künftig voll gewahrt.

Von den drei alten Programmversionen gingen vor allem von Wertberechnungsverfahren II wichtige Bausteine in die Systemanalyse der neuen Programmkonzeption ein. Insbesondere wurde an dem bewährten Modellstammverfahren mit Ausbauchungsreihen, wenn auch in leicht modifizierter Form, festgehalten. Zum Unterschied zu den alten Verfahren stehen aber in der neuen Version sowohl unechte als auch echte Ausbauchungsreihen mit wahlweiser Aussteuerung über die Parameterkarte zur Verfügung.

Bei der Neuprogrammierung wurde bewußt auch die Mittenstärkensortierung als Alternative zur Heilbronner Sortierung für die Baumarten Fichte, Tanne und Douglasie mit aufgenommen, um so den unterschiedlichen Verhältnissen in den Ländern der BRD Rechnung zu tragen. Für die Berechnung der Erntekosten wurde dagegen einheitlich der für Baden-Württemberg zur Zeit noch gültige Sortentarif zugrundegelegt. Eine entsprechende Programmänderung ist nach der endgültigen Fertigstellung des angekündigten Regressionstarifs (HET) durch das KWF geplant.

Ähnlich seinen Vorgängern wird auch das neue Programm Beständen mit durchschnittlichen Formverhältnissen gerecht. Damit dürfte es nach den bisherigen Erfahrungen allen Ansprüchen der praktischen Waldwertschätzung, aber auch für viele Sonderzwecke genügen. Selbstverständlich ist es jederzeit möglich, durch Austausch der Koeffizientenkartensätze der Gleichungssysteme sich besser an die besonderen Formverhältnisse beliebiger Wuchsräume anzupassen. Diese Feststellung ist allerdings theoretischer Natur, da ein derartiges Vorhaben meist an einer kostspieligen Grundlagenerhebung scheitern wird.

### 2.22. *Das programmierte Rechenmodell*

Wie schon erwähnt, steht im Mittelpunkt des neuen Programms das bekannte Modellstammverfahren mit echten und unechten Ausbauchungsreihen. Die Sorten- und Wertberechnung wird über eine programmierte Verknüpfung der Daten des Eingabebelegs mit den analytisch gefaßten Grundfunktionen automatisch abgewickelt. Über den Rechenablauf im einzelnen informiert ein allgemein gehaltenes Ablaufdiagramm (Abb. 2). Eine ausführliche Darstellung der in den einzelnen Zweigen ablaufenden Sortiervorgänge würde den Rahmen dieser Abhandlung sprengen. Es möge der Hinweis genügen, daß für die elektronischen Sortierungsvorgänge des neuen Programms die Koeffizienten von insgesamt 108 Gleichungen gespeichert werden. Zum besseren Verständnis werden im folgenden lediglich die für das Modell benötigten Grundfunktionstypen am Beispiel der Baumart Fichte beschrieben.

Das Rechenmodell des neuen Wertberechnungsverfahrens erfordert die programmierte Zusammenführung von insgesamt 7 Typen von Grundgleichungen:

- echte Formgleichungen
- unechte Formgleichungen
- echte Formgleichungen im unteren Schaftbereich
- HOHENADL'sche Formquotientengleichungen
- Volumengleichungen
- Einheitshöhengleichungen
- Rindengleichungen

#### 2.221. *Echte Formgleichungen*

Die echten Formgleichungen geben den relativen Schaftdurchmesser $d_{0,i}$ bezogen auf den Stammdurchmesser in 1/10 der Baumhöhe in Funktion der relativen Schafthöhe $h_{0,i}$ an:

$$d_{0,i} = f\,(h_{0,i}).$$

Mit Hilfe der NEWTON'schen Interpolationsformel wurden den klassischen 5 Formquotienten $\eta_{09} \ldots \eta_{01}$ biquadratische Parabeln angeglichen. Für die einzelnen Baumarten wurden hierbei folgende durchschnittliche echte Formzahlen $\lambda_{09}$ unterstellt:

| Baumart | $\lambda_{09}$ | Material | Baumart | $\lambda_{09}$ | Material |
|---|---|---|---|---|---|
| Fichte | 0.550 | ALTHERR | Jap. Lärche | 0.540 | ALTHERR |
| Tanne | 0.560 | ALTHERR | Eur. Lärche | 0.530 | ALTHERR |
| Douglasie | 0.490 | BOLSINGER | Buche | 0.520 | SCHÖPFER |
| Kiefer | 0.525 | SCHÖPFER | Eiche | 0.525 | PRODAN |
| | | | Roteiche | 0.490 | BAUER |

Die echten wie die unechten Ausbauchungsreihen dienen der Abschätzung des Mittendurchmessers und Grenzzopfes mit Rinde in variabler Schafthöhe.

*Beispiel Fichte:*

$$d_{0,i} =$$
$$1.0605 - 0.612\, h_{0,i} + 0.0526\, h_{0,i}^2 + 0.20833\, h_{0,i}^3 - 0.651042\, h_{0,i}^4$$

Abbildung 2
Ablaufdiagramm zum neuen Wertberechnungsprogramm FLOPSY

#### 2.222. *Unechte Formgleichungen*

Die unechten Formgleichungen geben das Verhältnis des Schaftdurchmessern $d_i$ in beliebiger absoluter Schafthöhe $h_i$ in Prozenten des Brusthöhendurchmessers $d_{1,3}$ für variable Baumhöhenstufen an:

$$d_i \% = f(h_i)$$

Die unechten Formgleichungen wurden aus den vertafelten Ausbauchungsreihen durch Anpassung von Orthogonalpolynomen als Parabeln 4. Ordnung entwickelt. Unechte Formgleichungen wurden als Alternativen zu den echten Formgleichungen nur für den Laubholz- und den Kiefer/Lärche-Sortierkomplex in das Programm eingebaut.

#### 2.223. *Echte Formgleichungen im unteren Schaftbereich*

Der neiloidförmige Baumkörper unterhalb der relativen Bezugshöhe $h_{09}$ wurde im Falle der echten Formquotientenreihe durch gesonderte baumartentypische Formgleichungen approximiert. Dazu wurden zuvor wenige Stützwerte aus den graphisch ausgeglichenen unechten Ausbauchungsreihen abgelesen. Die hieraus abgeleiteten kubischen Ausgleichskurven haben im unteren Schaftkurvenbereich $h_{0,9}$ bis $h_{0,975}$ Geltung.

*Beispiel Fichte:*

$$d_{0,i} = 1.126 - 1.2867\, h_{0,i} - 4.000\, h_{0,i}^2 + 42.6667\, h_{0,i}^3$$

#### 2.224. *HOHENADL'sche Formquotientengleichungen*

Die rechnerische Verknüpfung zwischen dem Schaftdurchmesser $d_{0,9}$ in 1/10 der Baumhöhe vom Boden und dem Brusthöhendurchmesser $d_{1,3}$ geht über eine Reihe baumartenspezifischer HOHENADL'scher Formquotientengleichungen vonstatten. Der Wurzelanlaufquotient

$$q_H = \frac{d_{0,9}}{d_{1,3}}$$

läßt sich aus dem ausgeglichenen Material der unechten Ausbauchungsreihe näherungsweise als Funkion der Höhenstufe $h_{St}$ als lineare oder quadratische Gleichung erfassen:

$$q_H = f(h_{St})$$

*Beispiel Fichte:*

$$q_H = 0.92456 + 0.00539\, h_{St}$$

#### 2.225. *Volumengleichungen*

Die für 5 Hauptbaumarten errechneten Volumengleichungen geben das unreduzierte Derbholzvolumen m. R. $v_{100}$ eines Baumes lediglich in Funktion des Brusthöhendurchmessers $d_{1,3}$ an:

$$v_{100} = f(d_{1,3})$$

($v_{100}$ = Volumen der Grundreihe 100)

Durch Anpassung von Polynomen höherer Ordnung wurde eine möglichst gute Anschmiegung an die Originalwerte der Tafel von v. LAER/SPIECKER 1958 angestrebt.

Die Einbeziehung der in der Forsteinrichtung allgemein eingeführten Reihenverfahren in das Rechenmodell bringt zwei Vorteile: Einmal eine rationelle Datenerhebung im Bestand durch Beschränkung der für die Einstufung erforderlichen Höhenmessungen auf den Grundflächenmittelstamm, zum anderen eine vereinfachte Herleitung des Schichtholzvolumens. Die Volumenberechnung des Stammholzes erfolgt dagegen ausschließlich über die Auswertung der Formgleichungen.

*Beispiel Fichte:*

$$v_{100} = -0.727 \cdot 10^{-3} - 0.1598 \cdot 10^{-1}\, d_{1,3} + 0.249994 \cdot 10^{-2} d_{1,3}^2 - -0.165497 \cdot 10^{-4}\, d_{1,3}^3 + 0.524827 \cdot 10^{-7}\, d_{1,3}^4$$

#### 2.226. *Höhengleichungen*

Die Höhengleichungen drücken die unreduzierte Baumhöhe $h_{100}$ in Funktion des Brusthöhendurchmessers der Baumarten bzw. Baumartengruppen aus:

$$h_{100} = f(d_{1,3})$$

($h_{100}$ = Höhe der Grundreihe 100)

Die Höhenfunktionen (Polynome 6. Grades) wurden aus den Plafondwerten der baumartentypischen Höhenkurvenfächer abgeleitet. Diese Höhenkurvenfächer, die die Mittelhöhe in Funktion von Mitteldurchmesser und Reihennummer angeben, wurden bei der Überarbeitung der v. LAER/SPIECKER'schen Einstufungstabellen durch einen kombinierten rechnerisch-graphischen Ausgleich gewonnen.

*Beispiel Fichte:*

$$h_{100} = 1.213 + 2.8646\, d_{1,3} - 0.8120 \cdot 10^{-1}\, d_{1,3}^2 + + 0.120329 \cdot 10^{-2}\, d_{1,3}^3 - 0.890104 \cdot 10^{-5}\, d_{1,3}^4 + + 0.257812 \cdot 10^{-7}\, d_{1,3}^5$$

#### 2.227. *Rindengleichungen*

Die den Formgleichungen als Ausgangsmaterial zugrunde liegenden unechten bzw. echten Ausbauchungsreihen beziehen sich auf Stammdurchmesser mit Rinde. Nach den Vorschriften der Holzmeßanweisung sind aber bei der Stammholzaushaltung die Mitten- und die Zopfdurchmesser stets ohne Rinde aufzumessen.

Die doppelte Rindenstärke $R_d$ wurde in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser $d_{1,3}$ und der absoluten Höhe am Schaft $h_i$ durch einen multiplen linearen Regressionsansatz

$$R_d = f(d_{1,3}, h_i)$$

bzw. bei Buche und Eiche lediglich durch eine einfache lineare bzw. quadratische Regression

$$R_d = f(d_{1,3})$$

erfaßt.

*Beispiel Fichte:*

$$R_d = -0.588912 - 0.006464\, h_i + 0.040015\, d_{1,3} - - 0.000064\, h_i\, d_{1,3} + 0.51007 / \sqrt{h_i} + + 2.317764 / \sqrt{d_{1,3}} - 0.739473 / \sqrt{h_i \cdot d_{1,3}}$$

#### 2.228. *Weitere Programmdetails*

Sämtliche rechnerischen Vorbereitungsarbeiten, wie Aufstellung und Überprüfung der verschiedenen Funktionsmodelle, Durchführung von teilprogrammierten Testroutinen, Absicherung durch Kontrollfunktionen u. a. Berechnungen mehr, wurden über die IBM 7040 des Rechenzentrums der Universität Freiburg abgewickelt. Für diese langwierigen Vorrechnungen wurden teils eigene Programme der Abt. Biometrie, teils Standardprogramme aus der zentralen Programmbibliothek des Rechenzentrums der Universität Freiburg benutzt (SNAP, BMD 02R).

Das Programm selbst wurde in der problemorientierten Sprache COBOL geschrieben. Um die Programmadaption auf andere Anlagen zu erleichtern, wurde zunächst auf eine Einbeziehung externer Speicher verzichtet.

### 2.3. *Der Ausdruck*

Die Ergebnisse der baumweisen bzw. durchmesserstufenweisen rechnerischen Sortenzerlegung und Bewertung werden über den Schnelldrucker des Computers auf Endlospapier tabellengerecht ausgeschrieben (Abb. 3). Für den kompletten Ausdruck einer Sorten- und Wertberechnung werden pro Baumart 4 Blätter benötigt. Hinzu kommt bei Mischbeständen aus zwei und mehr Baumarten ein Abschlußblatt mit den zusammengefaßten Bestandesdaten:

- Blatt 1: Tabelle Vorratsfestmeter Derbholz m. R. gegliedert nach Durchmesserstufen, Güteklassen und Sortimenten.
- Blatt 2: Tabelle Erntefestmeter Derbholz o. R. in gleicher Aufgliederung wie bei Blatt 1; Tabelle der Stärkeklassen nach Durchmesser (-stufen) und Güteklassen.
- Blatt 3: Tabellen für den Bruttoholzwert und die Erntekosten in DM aufgegliedert nach Durchmesser (-stufen), Güteklassen und Sorten.

*Zusätzlicher Kommentar*
*zu Blatt 1 - 3:* Zur Vermeidung von Verwechslungen sind die Tabellen durchnumeriert und enthalten zusätzlich im Kopfteil alle Informationen und Flächendaten der Kartenart 1 sowie die komplette Preisliste für das Stammholz der Kartenart 2. Die Stammzahlverteilung und die aus der Einheitshöhenkurve abgeleitete „Bestandshöhenkurve" beschließen den sehr detaillierten Ergebnisausdruck von Auswertungsblatt 1 bis 3.

Blatt 4: Baumartenweise tabellarische Zusammenstellung der Sortier- und Bewertungsergebnisse von Blatt 1 - 3; Darstellung für die Gesamtfläche und bezogen auf die Flächeneinheit (ha); Aufgliederung in beiden Fällen nach Güteklassen und Sorten; zusätzlich Berechnung des Nettowerts nach Güteklassen und Sorten sowie des Erntevolumens nach Stärkeklassen. Eine Brücke zu den taxatorischen Daten der Waldzustandserfassung der Forsteinrichtung bilden die baumartenweisen Angaben über Grundfläche

W E R T B E R E C H N U N G    BU    BLATT 1

| FORST-AMT | WALDBE-SITZER | DIST. | ABTEIL-UNG | UNTER-ABT. | UNTER-FLAECHE | MESS-TEIL | FLAECHE IN HA | MINUTENWERT IN DM | REDUKTIONS-FAKTOR | SCHICHT-HOLZPREIS | SORTI-MENT | ZOPF O.R. MS | FHL | STZ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 192 | 16 | 5 | 10 | B | 12 | 1 | 3.10 | 0.0961 | 0.77 | 40.00 | | | | 0 |

H O L Z P R E I S E   I N   D M

| STAERKEKLASSE | GUETEKLASSE B | GUETEKLASSE C |
|---|---|---|
| 1A | | |
| 1B | | |
| 2A | 45.00 | |
| 2B | 45.00 | |
| 3A | 60.00 | 50.00 |
| 3B | 60.00 | 50.00 |
| 4 | 75.00 | 55.00 |
| 5 | 90.00 | 60.00 |
| 6 | 105.00 | |
| 7 | 105.00 | |
| 8 | 105.00 | |

V O R R A T S F E S T M E T E R   M I T   R I N D E

| D13 | N | HOEHE | F | TF | A | B | C | S | INSGESAMT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 14 | 14.7 | | | | | | 0.30 | 0.30 |
| 12 | 32 | 18.3 | | | | | | 2.88 | 2.88 |
| 16 | 56 | 21.3 | | | | | | 11.71 | 11.71 |
| 20 | 48 | 23.7 | | | | | | 18.13 | 18.13 |
| 24 | 46 | 25.7 | | | | | | 27.40 | 27.40 |
| 28 | 25 | 27.3 | | | | 7.13 | | 14.43 | 21.56 |
| 32 | 16 | 28.5 | | | | 6.93 | | 11.92 | 18.85 |
| 36 | 6 | 29.4 | | | | 3.29 | | 5.96 | 9.25 |
| 40 | 10 | 30.1 | | | | 7.71 | | 11.81 | 19.52 |
| 44 | 3 | 30.7 | | | | 2.80 | 1.50 | 2.93 | 7.23 |
| 48 | 1 | 31.0 | | | | 1.11 | 0.80 | 1.00 | 2.91 |
| 56 | 1 | 31.4 | | | | 1.69 | 1.03 | 1.34 | 4.06 |

STAERKE - KLASSEN / E R N T E M A S S E   O H N E   R I N D E   I N   F M

| D13 | N | HOEHE | F | TF | A | B | C | F | TF | A | B | C | S | INSGESAMT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 14 | 14.7 | | | | | | | | | | | 0.25 | 0.25 |
| 12 | 32 | 18.3 | | | | | | | | | | | 2.36 | 2.36 |
| 16 | 56 | 21.3 | | | | | | | | | | | 9.60 | 9.60 |
| 20 | 48 | 23.7 | | | | | | | | | | | 14.87 | 14.87 |
| 24 | 46 | 25.7 | | | | | | | | | | | 22.47 | 22.47 |
| 28 | 25 | 27.3 | | | | 2B | | | | | 6.64 | | 11.83 | 18.47 |
| 32 | 16 | 28.5 | | | | 2B | | | | | 6.34 | | 9.77 | 16.11 |
| 36 | 6 | 29.4 | | | | 3A | | | | | 3.08 | | 4.89 | 7.97 |
| 40 | 10 | 30.1 | | | | 3B | | | | | 7.13 | | 9.68 | 16.81 |
| 44 | 3 | 30.7 | | | | 3B | 3A | | | | 2.51 | 1.36 | 2.40 | 6.27 |
| 48 | 1 | 31.0 | | | | 4 | 3B | | | | 1.02 | 0.71 | 0.82 | 2.55 |
| 56 | 1 | 31.4 | | | | 5 | 4 | | | | 1.57 | 0.92 | 1.10 | 3.59 |

BLATT 2

H O L Z W E R T   I N   D M / E R N T E K O S T E N   I N   D M

| D13 | N | HOEHE | F | TF | A | B | C | S | INSGES. | F | TF | A | B | C | S | INSGES. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 14 | 14.7 | | | | | | 10.00 | 10.00 | | | | | | 3.94 | 3.94 |
| 12 | 32 | 18.3 | | | | | | 94.40 | 94.40 | | | | | | 37.19 | 37.19 |
| 16 | 56 | 21.3 | | | | | | 384.00 | 384.00 | | | | | | 151.30 | 151.30 |
| 20 | 48 | 23.7 | | | | | | 594.80 | 594.80 | | | | | | 234.36 | 234.36 |
| 24 | 46 | 25.7 | | | | | | 898.80 | 898.80 | | | | | | 354.14 | 354.14 |
| 28 | 25 | 27.3 | | | | 298.80 | | 473.20 | 772.00 | | | | 67.64 | | 186.45 | 254.09 |
| 32 | 16 | 28.5 | | | | 285.30 | | 390.80 | 676.10 | | | | 64.58 | | 153.98 | 218.56 |
| 36 | 6 | 29.4 | | | | 184.80 | | 195.60 | 380.40 | | | | 26.05 | | 77.07 | 103.12 |
| 40 | 10 | 30.1 | | | | 427.80 | | 387.20 | 815.00 | | | | 60.30 | | 152.56 | 212.86 |
| 44 | 3 | 30.7 | | | | 150.60 | 68.00 | 96.00 | 314.60 | | | | 21.23 | 11.50 | 37.82 | 70.55 |
| 48 | 1 | 31.0 | | | | 76.50 | 35.50 | 32.80 | 144.80 | | | | 8.63 | 6.00 | 12.92 | 27.55 |
| 56 | 1 | 31.4 | | | | 141.30 | 50.60 | 44.00 | 235.90 | | | | 13.28 | 7.78 | 17.34 | 38.40 |

BLATT 3

| GUETE-KLASSE | GESAMTE VORRATSMASSE IN FM | GESAMTE ERNTEMASSE IN FM | GESAMTER HOLZWERT IN DM | GESAMTE ERNTEKOSTEN IN DM | VORRATSMASSE PRO HA IN FM | ERNTEMASSE PRO HA IN FM | HOLZWERT PRO HA IN DM | ERNTEKOSTEN PRO HA IN DM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | TRITT NICHT AUF | | | | | | | |
| TF | TRITT NICHT AUF | | | | | | | |
| A | TRITT NICHT AUF | | | | | | | |
| B | 30.66 | 28.25 | 1565.10 | 261.71 | 9.89 | 9.13 | 504.87 | 84.42 |
| C | 3.33 | 2.99 | 154.10 | 25.28 | 1.07 | 0.96 | 49.71 | 8.15 |
| S | 109.91 | 90.04 | 3601.60 | 1419.07 | 35.42 | 29.05 | 1161.81 | 457.76 |
| INSGES. | 143.80 | 121.32 | 5320.80 | 1706.06 | 46.39 | 39.14 | 1716.39 | 550.34 |

BLATT 4

| GUETE-KLASSE | GESAMTER NETTOWERT IN DM | NETTOWERT PRO HA IN DM | GRUNDFLAECHE INSG. IN QM | GRUNDFLAECHE PRO HA IN QM | STAMMZAHL INSG. STUECK | STAMMZAHL PRO HA STUECK | MITTLERER DURCHMESSER IN CM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | | | | | | | |
| TF | | | | | | | |
| A | | | | | | | |
| B | 1303.39 | 420.45 | | | | | |
| C | 128.92 | 41.55 | | | | | |
| S | 2182.53 | 704.04 | | | | | |
| INSGES. | 3614.74 | 1166.05 | 10.7 | 3.5 | 258 | 83 | 23.0 |

| KL. | ERNTEMASSE INSG. IN FM | ERNTEMASSE PRO HA IN FM |
|---|---|---|
| S | 90.04 | 29.05 |
| 1A | | |
| 1B | | |
| 2A | | |
| 2B | 12.98 | 4.19 |
| 3A | 4.44 | 1.43 |
| 3B | 10.35 | 3.34 |
| 4 | 1.94 | 0.63 |
| 5 | 1.57 | 0.51 |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |

Abbildung 3
Ergebnisausdruck des Sortierbeispiels von Abbildung 1, Blatt 1 - 4

und Stammzahl i. G. und pro ha sowie der Durchmesser des Grundflächenmittelstammes.

Blatt 5: Bestandesweise tabellarische Zusammenfassung der Sortier- und Bewertungsergebnisse aller Baumarten eines Mischbestandes; analoge Aufgliederung wie bei Blatt 4.

### 3.0. Zur Weiterentwicklung programmierter Wertberechnungsverfahren

Das hier vorgestellte neue Sortier- und Bewertungsprogramm FLOPSY löste bereits 1969 die drei eingangs diskutierten Einzelprogramme ab. Gegenüber seinen Vorgängern ist das jetzige Programmpaket in wesentlichen Punkten weiterentwickelt und verbessert. Dennoch ist bereits abzusehen, bis wann auch dieses Programmsystem für die Waldbewertung noch flexibleren Rechenmodellen weichen wird. Dies hängt einmal mit den rasch sich wandelnden Bedingungen einer in einem tiefgreifenden Umwandlungsprozeß befindlichen Forstwirtschaft zum anderen mit dem rasanten Fortschritt auf dem Sektor der Informationsverarbeitung zusammen. Nach Aufbau eines zentralen forstlichen Informationssystems wird beispielsweise die dezentrale Erfassung von Preisdaten in vielen Fällen überflüssig. Die aktuellen Preise werden hierbei unmittelbar aus der zentralen Datenbank für die angewählte Region in das System abgerufen. Für bestimmte Modellrechnungen ist es denkbar, daß die Sortenverteilung unmittelbar der Einschlagsdatei der Datenbank entnommen wird. Neben diesen von der Weiterentwicklung der Technologie abhängigen Verbesserungsmöglichkeiten ist auch von der feineren Anpassung an bestimmte Anwendungsgebiete eine höhere Aussagekraft und eine größere Flexibilität des Programmsystems zu erwarten. So sind bereits die Vorbereitungsarbeiten für zwei spezielle Programmvarianten für die bestandesweise Stichprobeninventur und die Versuchsflächenauswertung abgeschlossen. Das Versuchsflächenprogramm wird hierbei im wesentlichen eine Weiterentwicklung der eingangs besprochenen Programmversion IV aus dem Jahr 1965 (SCHÖPFER 4) sein.

### 4.0. Zusammenfassung

Ausgehend von einer kurzen Beschreibung dreier bereits in den Jahren 1964 und 1965 in die Waldwertschätzung des Landes Baden-Württemberg eingeführten programmierten Wertberechnungsverfahren wird das neue Programmsystem FLOPSY vorgestellt. Dieses neu konzipierte und in wesentlichen Punkten verbesserte flexible Programmpaket löste damit offiziell die bisherigen drei Einzelprogramme ab. Durch Einbau entsprechender Programmzweige bleibt die Kontinuität mit den bisherigen Ergebnissen gewahrt.

Das neue kompakte Programmpaket FLOPSY basiert im wesentlichen auf dem bewährten Modellstammverfahren mit echten bzw. unechten Ausbauchungsreihen, wie es erstmals in den alten Programmversionen II und IV realisiert wurde. Die Sorten- und Wertberechnung von Rein- und Mischbeständen läuft daher auch bei dem jetzigen Einheitsprogramm über die programmierte Verknüpfung der vorgegebenen Daten eines Einheitsbelegs mit den analytisch gefaßten 7 Grundfunktionstypen:

- echte Formgleichungen
- unechte Formgleichungen
- echte Formgleichungen im unteren Schaftbereich
- HOHENADL'sche Formquotientengleichungen
- Volumengleichungen
- Einheitshöhengleichungen
- Rindengleichungen

Insgesamt sind im Programm die Koeffizienten von 108 Gleichungen gespeichert.

Die bemerkenswertesten Verbesserungen des neuen Programmsystems gegenüber den alten drei Programmversionen seien nochmals zusammenfassend dargestellt: Ein für 47 Baumarten bzw. Baumartensammelbegriffe entwickelter Einheitsbeleg löst die bisherigen drei im Inhalt und Aufbau stark voneinander abweichenden Formulare ab. Der Belegaufbau ist übersichtlicher, die Anzahl der Kartenarten von vier auf drei reduziert und die Informationskapazität erhöht. Die Bewertungsbasis des neuen Verfahrens wurde einheitlich auf absolute Holzpreise abgestellt und erleichtert damit die Handhabung. Die bisherigen drei Rechenmodelle wurden zu einem einzigen Modell mit zahlreichen Verzweigungen verschmolzen. Auf das alte Wertreihenverfahren wurde ersatzlos verzichtet. Dagegen wurden zusätzlich zu den unechten auch die echten Ausbauchungsreihen mit aufgenommen. Durch Einbau aller gebräuchlichen Sortierverfahren wurde einer über die engeren Landesgrenzen hinausgehenden Anwendung Rechnung getragen. Die verschiedenen Sortierzweige werden über eine Parameterkarte angesteuert. Schließlich wurde auch gegenüber den alten Programmversionen der Ausdruck durch ein übersichtlicheres und einheitliches tabellengerechtes Druckbild verbessert. Zusätzliche Tabellen bringen ein noch reicheres Angebot an Informationen. Als Programmiersprache wurde eine problemorientierte Sprache gewählt.

Die durch diese vielfältigen Verbesserungen erreichte hohe Flexibilität und Aussagekraft des Sortier- und Bewertungsverfahrens erschließen über den konventionellen Rahmen hinaus einen breiten Kreis von Anwendungsmöglichkeiten. Hier ist vor allem an den operationellen Einsatz für Sonderauswertungen aller Art zu Optimierungszwecken gedacht.


### Summary

Title of the paper: *On the sortiment and value assessment of forest stands.*

Three earlier valuation procedures in Baden-Wurttemberg have been superseded by a new programme package FLOPSY. The system maintains the proven model-stem procedure with true and artificial taper curves of the former versions. Sortiment and value calculations for pure and mixed stands use standard data bases with the 7 basic functions:

true taper functions
artificial taper functions
true taper functions for the butt log
Hohenadl form quotient functions
volume functions
standard height functions
bark functions.

The programme stores the coefficients of 108 functions.

Improvements over the former programmes are: the standard basic data sheet, instead of previously 3 different sheets; simplified sheet structure; fewer and more informative cards; valuation based on absolute timber prices; unified computation model with subroutines; abolishment of the value-series procedure; addition of the true taper functions; provision for different gradings; different grading procedures chosen through one stearing parameter card; improved print-out with additional information contents and better readability; choice of a problem-orientated programming language.

The achieved flexibility and informativity adds new applications, especially the operational use for special evaluations of all sorts for purposes of optimizing. E. F. B.

### Résumé

Titre de l'article: *Calcul des assortiments et de la valeur des peuplements forestiers.*

Trois programmes pour le calcul de la valeur des peuplements qui avaient été indroduits dans le land de Bade-Wurtemberg dès 1964 et 1965 sont d'abord décrits rapidement puis on présente le

nouveau système de programmation FLOPSY. Ce programme flexible, qui correspond à une conception nouvelle et présente des améliorations, sur des points importants, remplace officiellement les trois programmes utilisés jusqu'alors. En introduisant des «branches» de programmes convenables on a pu conserver la continuité avec les résultats obtenus antérieurement. Le nouveau «paquet» de programmes compact FLOPSY repose pour l'essentiel sur le procédé éprouvé du «tronc modèle» avec des séries de coefficients de décroissance, artificiels ou naturels, ainsi que cela avait été réalisé avec les deux anciens programmes II et IV. Le calcul des assortiments et des valeurs est obtenu, pour les peuplements purs et mélangés, par la combinaison programmée des données initiales d'un formulaire unique avec 7 fonctions types traitées analytiquement.

— équations de forme «naturelle»
— équations de forme «artificielle»
— équations de forme «naturelle» pour la partie

inférieure du fût.

— équations de coefficients de forme de Hohenadl
— équations des volumes
— équations des hauteurs uniformisées
— équations des épaisseurs d'écorce.

Au total, le programme a en mémoire les coefficients de 108 régressions.

Les principales améliorations de ce système de programmation par rapport aux trois programmes anciens doivent être encore une fois résumées = un formulaire unique valable pour 47 essences ou groupes d'essences remplace les trois formulaires anciens qui étaient très différents tant par leur contenu que par leur mode d'obtention. Le procédé d'établissement du formulaire est beaucoup plus clair, le nombre des types de cartes réduit de 4 à 3 et la capacité d'informations plus élevée. La base d'estimation dans le nouveau procédé repose uniquement sur les prix absolus des bois ce qui en rend l'utilisation plus facile. Les trois modèles de calculs employés jusqu'ici ont été fondus en un seul avec de nombreuses variantes. L'ancien mode de calcul de la valeur a été supprimé sans être remplacé. Par contre, outre les séries de coefficients de décroissances artificiels on a pris en considération les naturels. En unifiant toutes les méthodes d'assortiments utilisées, on obtient un mode de calcul qui peut être étendu hors des frontières étroites du land. Les différentes variantes des assortiments sont enregistrées sur une carte paramètre. Contrairement aussi à ce qui se passait avec les anciens programmes on obtient les résultats sous forme de tableaux parfaitement clairs, quoique plus riches en informations. Le langage de programme choisi est adapté au problème.

Grâce à ces multiples améliorations, la grande flexibilité et la clarté des procédés de calcul des assortiments et de la valeur donnent de très larges possibilités d'interprétation débordant des cadres conventionnels. On pense ici tout spécialement à l'optimisation des exploitations spéciales. J. M.

### 5.0. Literaturhinweise

1. Schöpfer, W., 1962: Vorschläge zur Berechnung von Bestandesabtriebswerten mit Hilfe des Lochkartenverfahrens. AFZ, Nr. 17. — 2. Ders., 1964: Programmbeschreibungen für die Automatisierung der Massen-, Sorten- und Wertberechnung stehender Waldbestände. Anweisungen der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. — 3. Ders., 1964: Individuelle Sortierung mit Hilfe von Schaftkurvenrechenschiebern. AFJZ, H. 7. — 4. Ders., 1966: Automatisierung der Massen-, Sorten- und Wertberechnung stehender Waldbestände. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 21. — 5. Ders., 1966: Einsatz des Datenverarbeitungssystems IBM 1401 bei der Sorten- und Wertberechnung stehender Waldbäume. IBM Nachrichten, Nr. 176. — 6. Ders., 1966: Modelle zur Intensivierung der Versuchsflächenauswertung AFJZ, H. 9. — 7. Ders., 1967: Sortenrechenschieber für durchschnittliche Formverhältnisse AFJZ, H. 1. — 8. Ders., 1967: Zur Weiterentwicklung des Reihenverfahrens von v. LAER/SPIECKER zu Wert-, Zeit- und Erntemassenreihen, dargestellt am Beispiel der Fichte. AFJZ, H. 6. — 9. Thommen, F., 1961: Die Lochkarte in der Waldzusammenlegung. Schw.-Z. f. Fw., Nr. 9.

# Die Bedeutung der Luftbildinterpretation mit Hilfe von 35-mm-Kameras für die Forstpraxis

(Mit 6 Abbildungen)

Von Götz Schürholz,

Institut für Forsteinrichtung und forstliche Betriebswirtschaft d. Universität Freiburg
und D. D. Munro, Vancouver

**Problemstellung:**

Die vorliegende Untersuchung ging von der Überlegung aus, daß serienmäßig hergestellte Luftbilder für die Praxis in vielen Fällen unzweckmäßig sind, da man auf die vorhandenen Photos mit schon festgelegten Aufnahmezeiten und Stichproben angewiesen ist. Ob diese vorhandenen Bilder nach Qualität, Maßstab, Aufnahmezeit usw. jedoch den speziellen Anforderungen für eine Auswertung entsprechen, ist fraglich. Eine potentielle Lösung dieses Problems wäre die Entwicklung eines technisch einfachen, nicht zu aufwendigen Aufnahmeverfahrens, um den Praktiker mit zuverlässigen Informationen zum gewünschten Termin zu versorgen. Die Herstellung eines solchen photographischen Verfahrens und seine praktische Anwendung war die Zielsetzung dieser Studie. —

Auf der Suche nach geeignetem Gerät, das nicht zu kostspielig ist und gleichzeitig den gestellten Forderungen entspricht, bot sich die Verwendung von Kleinbildkameras mit der Negativgröße von 24 x 36 mm an, in der Verbindung mit einmotorigen Sportmaschinen. Derartige Flugzeuge sind zu relativ geringen Stundenpreisen (in Deutschland z. B. zwischen 50,— und 100,— DM) in fast allen Teilen der Erde in großer Typenvariation jedem zur Miete zugänglich.

Großmaßstäbliche Luftbilder, etwa im Maßstab 1 : 2500, aufgenommen mit Reihenmeßkammern und vor allem 70-mm-Geräten, haben sich im „natural resource management" inzwischen als unersetzliche Hilfsmittel erwiesen.

Literatur und Praxis jedoch zeigten, daß bisher aus unverständlichen Gründen ein sehr geringes Interesse an Kleinbildkameras im Rahmen der Luftbildinterpretation bestand.

Forscher und Praktiker beschäftigen sich in steigender Anzahl mit der Verwendung von aufwendigen 70-mm-Kameras zur Erzielung vertikaler großmaßstäblicher Luftbilder, wie Willingham (1959), Parker und Johnson (1969), Carneggie und Reppert (1969) und im speziellen Bereich der Forstwirtschaft Lyons (1966), Avery (1969), Sayn-Wittgenstein (1962, 1965), Seely (1962) und Aldrich, Bailey und Heller (1959), jedoch findet man nur sporadische Literaturvermerke über die Verwendung von 35-mm-Kameras.

Beispiele hierfür sind PARKER und JOHNSON (1969), COOK (1969) und ZSILINSKY (1969). Die generelle Meinung dieser Autoren gegenüber Informationsreichtum derartiger Kleinbilder ist optimistisch. Für künftige forstliche Einsatzmöglichkeiten wird eine günstige Prognose gestellt.

Das hohe Auflösungsvermögen und die Gradation des qualitativ ausgezeichneten 35-mm-Filmmaterials erlaubt die Herstellung von kontrastreichen, scharfen Abzügen, die einen optimalen Bildaussagewert besitzen.

In diesem Zusammenhang sei betont, daß mit Hilfe dieses Verfahrens hergestellte Bilder vornehmlich für interpretatorische Aufgaben vorgesehen sind, da sie für korrekte Messungen nur beschränkt Verwendung finden können. Diese Limitierung ist auf verschiedene Fehlerquellen zurückzuführen. Am schwerwiegendsten erscheint die ungenaue Bestimmung des Maßstabes bei der Verwendung von Kleinflugzeugen, zurückzuführen auf grob arbeitende Altimeter. Dieses Fehlermoment ließe sich vermeiden durch die Benutzung von Präzisionshöhenmessern, die auf Radarbasis (vgl. SAYN-WITTGENSTEIN 1971) arbeiten, jedoch recht kostspielig sind.

In der Bemühung, die Zielsetzung dieses Vorhabens zu erfüllen, wurden vom Verfasser spezielle Aufhängungen für eine 35-mm-Kamera entworfen, die sowohl Flugzeugvibrationen, als auch Längs- und Querneigung Rechnung tragen mußten. In diesem Zusammenhang sei mit Dank auf die Hilfe des Forestry und Wildlife Departments der Universität Vancouver verwiesen, die die Finanzierung und die Durchführung dieses Projektes ermöglichten.

Für die Durchführung der Flüge wurde eine viersitzige Cessna-172 als dem Prototypen gängiger Sportmaschinen gewählt. Jedoch würde auch jedes andere Flugzeug mit Hochflügelkonstruktion, gutem Sichtvermögen und einer Geschwindigkeit mit geringer Untergrenze den gleichen Zweck erfüllen. Beim Flug muß darauf geachtet werden, daß die meisten Maschinen „Nase hoch"-Bestreben fliegen, was eine Sichtbehinderung für den Piloten zur Folge hat. Somit ist er bei Zielflug auf Navigation des Kameraoperators angewiesen.

### Kameraaufhängung:

Die Kameraaufhängung ist in der Weise konstruiert, daß sie sich für jedes 35-mm-Kameragehäuse eignet. Jede 35-mm-Kamera wiederum eignet sich für die angestrebten Aufnahmen, wenn sie die beiden Grundforderungen nach guter Optik und Verschlußgeschwindigkeiten bis 1/500 Sekunde erfüllt. Für die vorliegende Untersuchung stand eine japanische Spiegelreflexkamera, Typ Konika Auto-Reflex, zur Verfügung und wurde in Verbindung mit einer 1:2.8 starken Weitwinkel-Linse, die eine Brennweite von 35 mm besitzt, eingesetzt. Zusätzliche Linsen, Filter, Adaptoren und sonstiges Zubehör sind serienmäßig in jedem Fachgeschäft erhältlich.

Auf die technischen Einzelheiten der Aufhängevorrichtung soll hier nicht näher eingegangen werden. Nur die Konstruktionsteile, die zum weiteren Verständnis notwendig sind, werden erläutert.

Die Grundforderungen für den Aufhängemechanismus waren folgendermaßen formuliert:

1) Simplizität der Konstruktion;
2) Unbedeutende Modifikationen des Flugzeugkörpers;
3) Absorption der Maschinen- und Luftwiderstandsvibrationen speziell für niedere Frequenzen;
4) Justierungsmöglichkeit der Kamera für Vertikalposition;
5) Ausreichender Arbeitsplatz und Sicherheit für den Kameramann.

Diese Studie sollte den Beweis erbringen, daß großmaßstäbliche Stereo-Aufnahmen guter Qualität aus geringen Flughöhen unter sehr geringem Aufwand hergestellt werden können und zwar mit handbedienten Kameras, ohne elektrischen Antrieb.

Die Konstruktion mit der die besten Resultate erzielt wurden, ist in Abbildung 1 illustriert.



Abb. 1
Die speziell entwickelte Kameraaufhängung, montiert auf die Schienen des entfernten Ko-Piloten-Sitzes. Die Kamera hängt an einem horizontierbaren Metallschuh aus der Türöffnung. Der mit Gurt gesicherte Kameramann hat einen ausreichend komfortablen Arbeitsplatz auf der Rückbank der viersitzigen Cessna-172.

Die Basisplatte, auf die die vibrationsabsorbierenden Gefäße montiert sind, kann mit Hilfe von Klemmfußpaaren auf die Schienen des entfernten Kopiloten-Sitzes geschraubt werden. Die Kamera hängt an einem Hohlstahlarm aus dem Türloch an der Kopilotenseite. Die Flugzeugtür selbst ist ohne Schwierigkeit entfernbar, da sie an zwei Stabscharnieren aufgehängt ist. Der Kameramann sitzt während des Fluges in komfortabler Arbeitsposition auf dem Rücksitz, der für die restliche Ausrüstung ebenfalls genügend Platz bietet. Mit Hilfe eines Drahtes, der durch die Nute eines speziell geschliffenen Plastikhalbrades über Umlenkrollen dem Kameramann ein bequemes Arbeiten ermöglicht und mit Hilfe eines überlangen Fernauslösers, war der Operateur imstande, 32 Aufnahmen in 20 Sekunden zu schießen. Das Plastikhalbrad ist auf den Filmspannhebel der Kamera geschraubt, um den Drehwinkel des Hebels beim Filmtransport zu verkürzen.

Eine Stoppuhr ermöglichte eine ausreichend korrekte Kombination von Bildsequenz und Zeitintervall. Eine Tabelle, auf der die Zeitintervalle für die Aufnahmefolge für differierende Flughöhen und -geschwindigkeiten übersichtlich aufgezeichnet waren, garantierte die für die Stereoauswertung erforderliche 60 - 80%ige Überdeckung der Aufnahmeflächen (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1

| Flughöhe in Fuss | Maßstab 1 : | Fluggeschwindigkeit in MPH | Intervall zwischen Belichtungen in Sek. |
|---|---|---|---|
| 175 | 969 | 60 | 0,35 |
| 225 | 1246 | 60 | 0,45 |
| 250 | 1385 | 60 | 0,50 |
| 300 | 1662 | 60 | 0,59 |
| 350 | 1939 | 60 | 0,69 |
| 400 | 2216 | 60 | 0,79 |
| | | 70 | 0,68 |
| 450 | 2493 | 60 | 0,89 |
| | | 70 | 0,76 |
| | | 80 | 0,67 |
| 500 | 2770 | 70 | 0,85 |
| | | 80 | 0,74 |

Die Tabelle zeigt variierende Zeitintervalle für bestimmte Aufnahmesequenzen mit entsprechendem Maßstab, abhängig von Flughöhe und -geschwindigkeit.

Die Tabellenwerte sind berechnet für eine 35-mm-Kamera in transversaler Position und einer Objektivbrennweite von 50 mm.

Die Kamera steckte während des Fluges in einem doppelten Metallschuh, der starr mit der Tragachse der Aufhängung verbunden war. Der Doppelschuh ist justierbar, so daß die Kamera horizontiert werden kann. Das erfolgte einmalig nach dem Aufsteigen und dem Übergang zum Horizontalflug.

Mit Hilfe dieser Aufhängevorrichtung konnten Stereobildpaare hergestellt werden. Die Kamera war in vorliegendem Fall transversal orientiert, d. h. mit der Breitseite des Negativs in Flugrichtung, um für Stichprobenflüge einen breiteren Aufnahmestreifen zu erfassen, als bei longitudinaler Position möglich wäre.

Filmwechsel und Kameraeinstellungen während des Fluges erwiesen sich als unproblematisch. Es wurde kein Versuch gemacht, den Sucher während des Fluges zu benutzen. Das hatte zur Folge, daß der Pilot nach freiem Peilflug mit Hilfe navigatorischer Instruktionen von Seiten des Kameramannes die Zielpunkte unter Beibehaltung gleicher Flughöhe und -geschwindigkeit anzufliegen hatte.

Der Hauptfilmtyp für diese Studie war ein Kodak-Tri-X panchromatic Schwarzweißfilm mit feiner Körnung und einer Empfindlichkeit von 400 ASA. In Kombination mit dem Film wurden ein Vivitar Haze cutting UV-Filter und Vivitar hell grüner Filter vom Typ $X_1$ verwendet. In einem vergleichenden Test wurden drei weitere Filme auf ihre unterschiedliche Anpassungsfähigkeit im Hinblick auf die Identifizierung verschiedener Objekte geprüft:

| | |
|---|---|
| Kodakcolor X | ohne Filter |
| Ektachrome Color | ohne Filter |
| Ektachrome Infrared IE | mit einem mittleren Vivitar Gelbfilter, Typ $K_2$. |

Da die Farbe und die Tönungskontraste eines Bildes einen wichtigen zusätzlichen Identifikationsparameter darstellen, ist ein höherer Informationsgehalt der Farbbilder zu erwarten. Für die normalen, großformatigen Luftbildaufnahmen kann dies als erwiesen gelten (vgl. Hildebrandt-Heller, 1971). Der hier durchgeführte Aufnahmevergleich sollte die Frage beantworten, ob die gleichen Vorteile auch für 35-mm-Aufnahmen zu belegen sind.

Aus reproduziertechnischen Gründen können die Resultate eines Vergleiches der vier unterschiedlichen Film-Filterkombinationen hier nicht illustriert werden. Die folgende Diskussion muß sich auf ein Bildbeispiel beschränken.

### Diskussion der Aufnahmeergebnisse:

Großmaßstäbliche Luftbilder mit Reihenmeßkammern und 70 mm Gerät hergestellt, haben sich als sehr nützlich erwiesen für die Forstwirtschaft im Rahmen von Kartierungsarbeiten, Vegetationsanalysen, Identifikationen von Bestandestypen und Flora, für Bestandesanalysen im Rahmen von Inventurarbeiten, wie der Einschätzung der Holzartenverteilung eines Bestandes, Massenschätzungen, Wegeplanung, Feuerschutz und Schädlingskontrolle und vieler anderer Spezialgebiete. Auf die umfangreiche Spezialliteratur (vgl. z. B. Hildebrandt S. 58 - 68, 85 - 111 usw.) kann in diesem Zusammenhang verwiesen werden.

Um Daten und Informationen, die von den Photos vermittelt werden, im Bereich der Forstwirtschaft sachgerecht und möglichst korrekt auswerten zu können, muß der Interpretierende imstande sein, „background information" mit der Bildaussage korrelieren zu können. Zur Veranschaulichung diene folgendes „Ablaufschema", aufgezeigt von Hildebrandt und Kenneweg (1968):

| Physischer Bereich | Bereich des Sachverstandes (Erfahrung, Kenntnisse, Assoziationen) |
|---|---|

Sehen → unterscheiden → erkennen / → deuten } folgern

Bei der Photointerpretation ist er vornehmlich auf phänologische Faktoren angewiesen, wie Form, Größe, Tönung, Textur, Schatten, Muster und die topographische Orientierung der Objekte. Diese charakteristischen Parameter kombiniert mit Erfahrungsinformationen, wie Rückschlüsse von Bodentypen, Standort, Höhenlagen, Feuchtigkeitsverhältnissen, Säuremilieu etc. auf Pflanzenvergesellschaftungen, liefern ein abgerundetes Interpretationsmosaik. Der Zuverlässigkeitsgrad, bis zu dem Holz- bzw. Pflanzenarten bestimmbar sind, hängt primär ab von der Aufnahmequalität der Photos.

Als ein Beispiel großen Detailreichtums und guter Bildqualität dient Abb. 2. Es handelt sich um einen Nadelholz-Laubholz-Mischbestand. Dem geübten Bildauswerter sind Kronentextur und -form bekannte Indikatoren, die ihm, wie in diesem Fall, eine genaue Determination der Holzarten einfach machen.

Abb. 2
Ndh.-Lbh.-Mischbestand in Haney Research Forest. Filmtyp Kodak Tri-X; Flughöhe 115 m über Grund. Fluggeschwindigkeit: 70 mph.; 1/500 Sekunden mit einer Blende von 8. — Aufnahmedatum: 1. 6. 1970 zwischen 11 und 12 Uhr. — Eine Holzartenidentifikation und die Bestimmung der Holzartenverteilung innerhalb eines Bestandes werden erleichtert durch Aufnahmen dieser Qualität.

Daß Schattenumrisse mitunter entscheidende und einzige Hinweise für eine Objektansprache sein können, zeigt Abb. 3.

Am Schattenprofil, das durch die Sonne auf die helle Schotterstraße projeziert wird, sind die sonst nicht erkennbaren Douglasien als solche anzusprechen. Gleichzeitig sei auf die Bildschärfe und den Detailreichtum dieses Stereopaares hingewiesen. Sogar die Pflanzenreihen innerhalb des aufblasbaren „Notglashauses" sind erkennbar; so auch die im Schnitt 30 cm hohen Setzlinge verschiedener Tsuga Provenienzen und Dogwoodpflanzen in dem Zuchtkasten hinter der Laubholzhecke.

Die einzelnen Holzarten ändern mit zunehmendem Alter und zunehmender Höhe ihre phänologische Charakteristik. Während Jungkulturen der gleichen Holzart einheitlich fließend und glatt erscheinen, gewinnen die individuellen Kronen mit zunehmendem Alter je nach Spezies die endgültige für sie eigentümliche Form und Tönung. Diese Tatsache animierte Fachleute forstlicher Luftbildauswertung, die Holzarten nach ihrem Erscheinungsbild zu kategorisieren und dem Ungeübten durch einen Bestimmungsschlüssel die Interpretation zu erleichtern.

Die folgenden Stereopaare sollen erläutern, daß für die Praxis mit Hilfe großmaßstäblicher Luftbilder wertvolle Informationen in verjüngungstechnischer Hinsicht, Informationen über notwendige

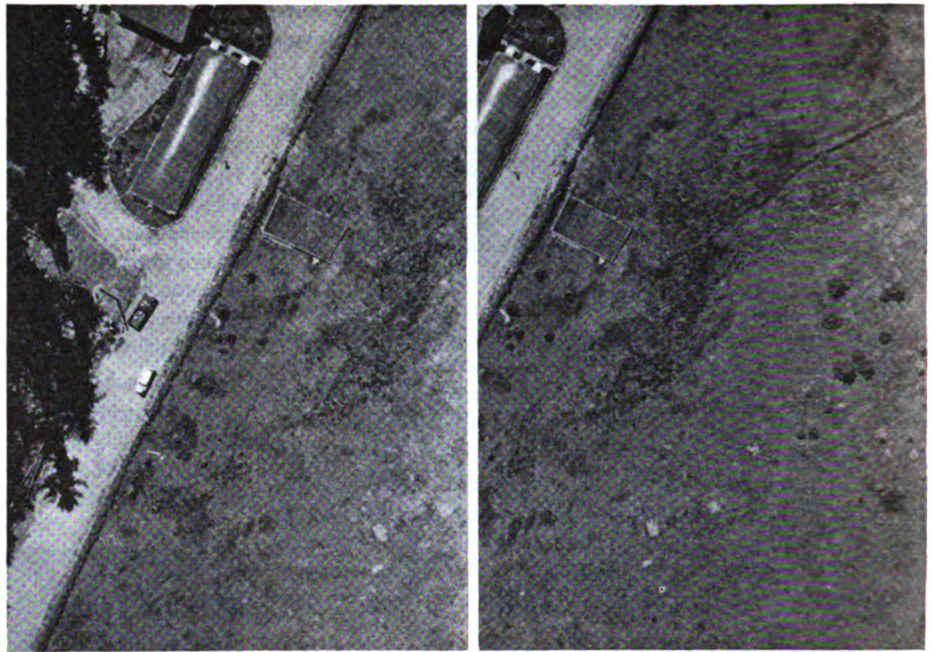


Abb. 3
Das Stereopaar zeigt einen Teil des Verwaltungsbezirks des U. B. C. Research Forest. Flughöhe und Geschwindigkeit: 150 Meter mit 70 mph. — Aufnahmezeit: 30. 5. 70 zwischen 11 und 12 Uhr. — Der Betrachter des Stereopaares sei hingewiesen auf die Schatten der Douglasien, die kontrastreich auf der hellen Schotterstraße stehen. Im vorliegenden Fall sind sie für den Bildauswerter der einzige Anhaltspunkt für eine korrekte Holzartenbestimmung.

Kulturmaßnahmen, Hiebsfortschritt, Läuterungsverfahren etc. erhalten werden können.

Abbildung 4 gibt einen eindrucksvollen Überblick über Teile eines Testareals verschiedener Douglasprovenienzen in dem Experimentierforst der Universität Vancouver, Canada. Es ist deutlich zu erkennen, wie die individuellen Bäume in unterschiedlichen Altersklassen, abhängig vom Pflanzenabstand, ihre Kronenformen in typischer Weise entwickeln. Ebenfalls können Rückschlüsse von derartigen Bildinformationen auf zukünftig anfallende Maßnahmen in der Bestandesbehandlung gezogen werden. Der weite Pflanzenabstand der rechts im Bild erscheinenden Kulturfläche wird beispielsweise eine Astung erforderlich machen, da bei Unterlassen dieser Maßnahme die zu erwartende Grobastigkeit das Holz in seinem Wert mindern würde. Die Flächen links unten im Bild und an der Oberkante zeigen deutlich, daß Durchforstungs- und Läuterungshiebe anstehen, um Zuwachsverluste in diesen Beständen zu vermeiden. Nachbesserungen werden notwendig in der Fläche rechts im Bild. In diesem Zusammenhang wird dem Betrachter ein weiterer Nachteil zu großer Pflanzabstände demonstriert, daß nämlich bei Pflanzenausfall in Intensivkulturen kostspielige Nachbesserungen anfallen können.

Möglicherweise wäre es von Interesse, den Ursachen des kümmerlichen Wachstums auf derartigen Standorten nachzugehen. Eine terrestrische Aufnahme zeigte, daß im vorliegenden Beispiel eine zu geringe Bodenauflage auf direkt unter der Oberfläche anstehendem massiven Muttergestein den Kümmerwuchs verursachte.

Abb. 5 zeigt einen für kanadische Konzessionshiebe typischen Kahlschlag. Der Gesamthieb erstreckte sich über eine Hangfläche von mehr als 60 Hektar (hier ein Ausschnitt von ungefähr 2,5 Hektar). Nach Abtrieb des Bestandes und Bringung des Holzes wurde die gesamte Fläche überbrannt und in diesem Exploitationsbetrieb zur Verjüngung sich selbst überlassen. Die Räumung der Fläche und das Überbrennen erfolgte fünf Jahre vor Aufnahme dieser Photos. Es sei darauf hingewiesen, daß es sich bei der neu aufkommenden, spärlichen Vegetation vornehmlich um Strauch-

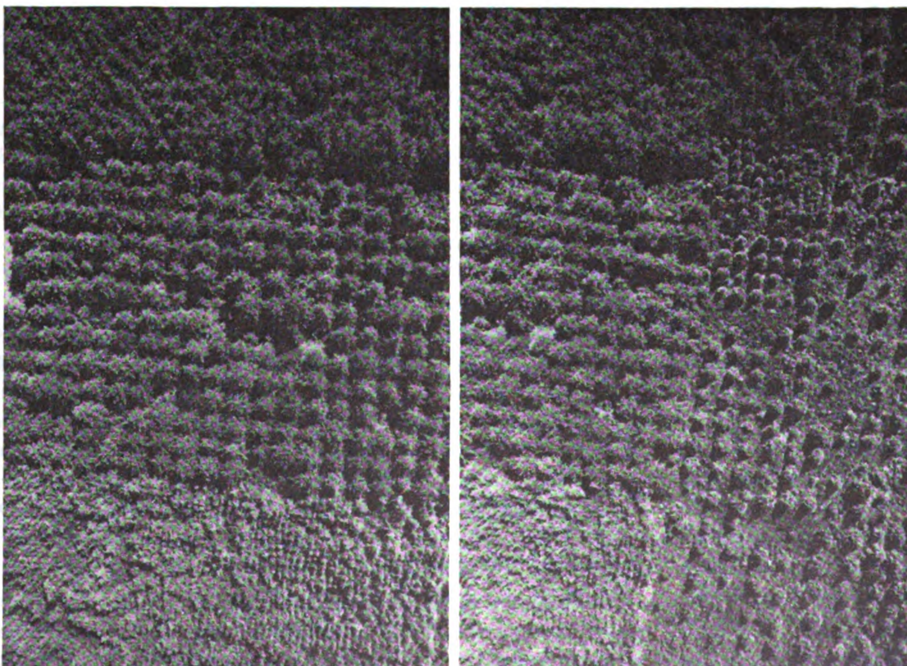


Abb. 4
Douglas Provenienzen im U. B. C. Research Forest. Flughöhe und Geschwindigkeit: 150 Meter mit 70 mph. — Aufnahmezeit: 13. 5. 70 zwischen 11 und 12 Uhr. — Das Bildpaar illustriert die phänologische Veränderung der Kronen dieser Douglas Provenienzen in Abhängigkeit von Pflanzdichte und Alter. Gleichzeitig gibt es Auskunft über waldbaulich notwendige Maßnahmen.

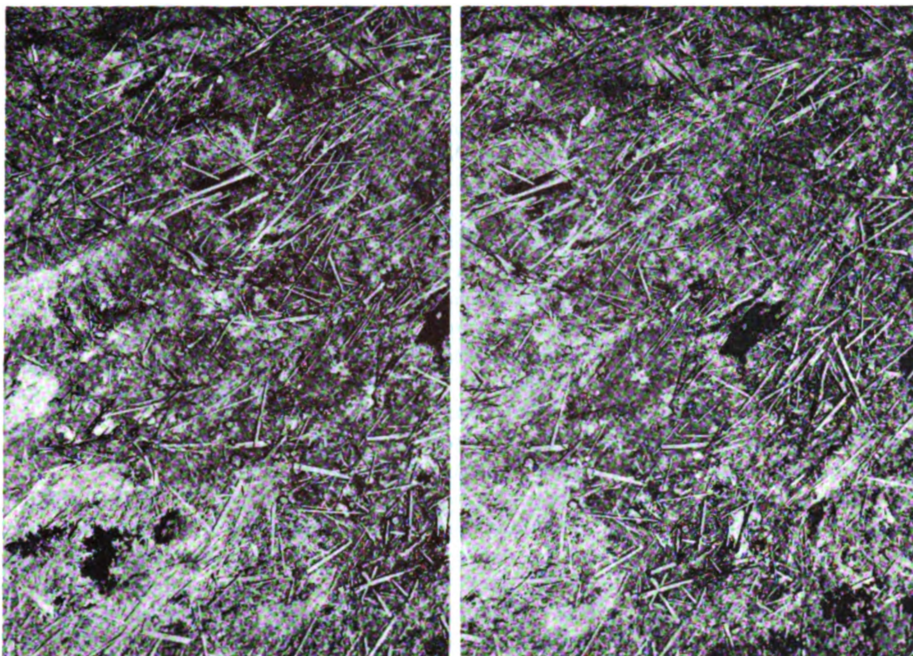


Abb. 5
Kahlschlagfläche in Haney Research Forest. Aufgenommen von 130 Metern über Grund und einer Geschwindigkeit von 70 mph. am 24. 5. 1970 zwischen 11 und 12 Uhr. — Der Ausschnitt dieser insgesamt 60 Hektar großen Kahlschlagfläche charakterisiert die Folgen eines unpfleglichen Konzessionshiebes. Die anstehende Strauchvegetation, die üppig nach Abbrennen der Kulturflächen erscheint, ist 5 Jahre alt. Die Verjüngung der Fläche erfolgt natürlich. Da nur hitzeresistante Samen den Brennvorgang überleben, kommt es zu einer ungewollten Holzartenselektion, die zu ökologisch ungesunder Uniformität führen kann.

und Kräuterarten handelt, und daß waldbaulich bedeutsame Holzarten nur sporadisch auf derartigen „wilden Kulturflächen" anzutreffen sind, da bei dem „burn over" Verfahren nur hitzeresistente Samen überleben (vgl. Schürholz, 1970). Der aufmerksame Betrachter wird bemerken, daß von diesem Stereopaar der frühere Bestockungsgrad der Fläche abgelesen werden kann. Bemerkenswert ist noch, daß erkennbar wird, bis zu welchen Durchmessern bei waldbaulich unpfleglicher Konzessionsvergabe das Holz auf den Flächen liegen bleibt.

Aus den Illustrationen und ihrer Diskussion geht hervor, daß das Schwarzweißbild eine weitreichende Aussagekraft besitzt. Für bestimmte Interpretationsaufgaben, z. B. im Bereich des Forstschutzes, haben jedoch Farbaufnahmen ungleich größeren Aussagegehalt. Aufgrund seiner reichen Farbnuancierung treten die Vorteile des normalen Farbfilmes deutlich in Erscheinung. Durch die Sensibilisierung dieses Filmtyps kann die gesamte Farbskala des sichtbaren Bereichs ausgenutzt werden. Noch weiterreichende Informationen können für viele Zwecke durch den Einsatz eines Infrarot-Farbfilmes gewonnen werden, da hier über den Spektralbereich des sichtbaren Lichtes hinaus auch die Rückstrahlung der Objekte im Bereich des nahen Infrarots als Informationen auswertbar sind. Die Bedeutung des Kodak-Ektachrome Infrared Aero-Films, der in der Praxis als Falschfarbenfilm bezeichnet wird, soll mit Hilfe des Stereopaares Abb. 6 erläutert werden. Dieser Falschfarbenfilm wird in der Forst- und Landwirtschaft zur Aufdeckung und Kontrolle von biotischen und abiotischen Schäden seit Jahren effektvoll eingesetzt (z. B. Colwell, 1970 und Stellingwerf, 1968). Die Eigentümlichkeit des Films liegt darin begründet, daß Pflanzen, die unter dem Streß von biotischen bzw. abiotischen Schäden stehen, schrittweise ihre Infrarot-Remissionsfähigkeit verlieren. So gehen auf Falschfarbenbildern unter normalen Bedingungen in verschiedenem Rot erscheinende gesunde Pflanzen und Bäume mit sinkender Remissionsfähigkeit in braun, braun-rote und rosa Färbungen über und erscheinen bei Totalverlust ihrer Infrarotremission in grünen Tönen. Da für den Falschfarbenfilm aus verständlichen Gründen von der Herstellerfirma keine exakten ASA-Richtlinien gegeben werden können, hängt die Bestimmung der Belichtungszeit für die jeweiligen Lichtverhältnisse weitgehend von der Erfahrung und dem Urteilsvermögen des Photographen ab. Die Wiedergabe der Negative auf Positivmaterial hat eine weitere Einbuße der Farbnuancen zur Folge. Dennoch besitzen Positivabzüge eine große Aussagekraft. Das Photo Abb. 6 wurde aus einer Höhe von 130 Metern aufgenommen. Es handelt sich um einen Ndh.-Lbh.-Mischbestand, der zwei Jahre vor dem Zeitpunkt der Aufnahme von einem Feuer überrollt wurde. Leider mußte auf die Wiedergabe dieses Bildes in Farbe aus technischen Gründen verzichtet werden, jedoch

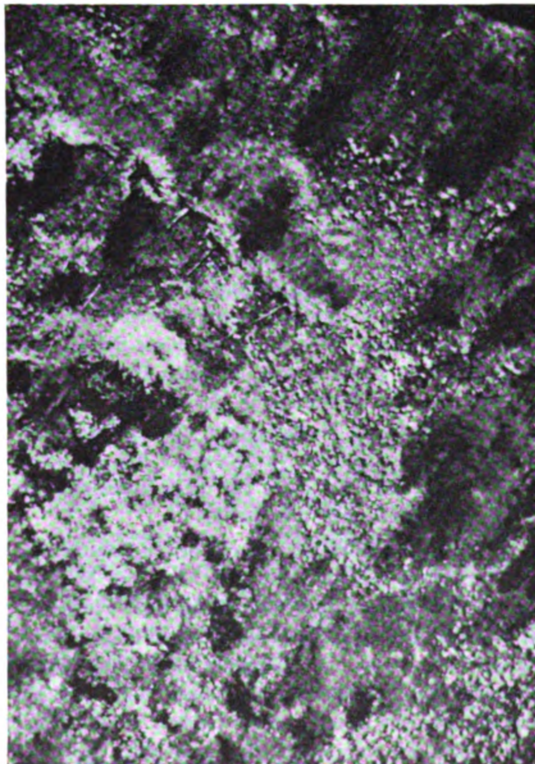


Abb. 6
Brandfläche im östlichen Frasertal, aufgenommen mit Ektachrome Infrared IE von 130 m über Grund und einer Geschwindigkeit von 70 mph, am 22. 5. 70 zwischen 11 und 12 Uhr. Abzug eines Zwischennegativs. Der Verlauf des Feuers läßt sich anhand der Farbnuancen, die hier im Bild in einer Grauskala erscheinen, leicht rekonstruieren.

soll die Charakteristik des Falschfarbenfilmes anhand der verschiedenen Grautöne dieses von einem Zwischennegativ hergestellten Abzuges diskutiert werden. Der in der oberen linken Bildecke diagonal zur Mitte verlaufende im Original oliv erscheinende Streifen (hier im Bild verwaschene mittlere Grautönung) charakterisiert einen vermoorten Graben, der den Verlauf des Feuers für den Bildausschnitt rekonstruieren läßt. Die fast einheitlich gefärbten schwärzlich erscheinenden Baumkronen oberhalb des Stichgrabens (im Original dunkelgrün) lassen darauf schließen, daß das Feuer Boden-, Stamm- und Kronenbereich des Bestandes erfaßt hatte und daß die Vegetation im Bereich oberhalb des Grabens zum vollkommenen Absterben gebracht wurde. Offensichtlich wirkte der zur Zeit des Brandes möglicherweise wasserführende Graben als Feuerbrecher, da die Kronen der Koniferen in der linken mittleren Bildhälfte unterhalb des Grabens in rötlich braunen Farbtönungen erscheinen (hier im Bild weiß bis hellgrau), ein Zeichen für noch lebende Vegetation oder wieder startende Aktivität, wohingegen die Bodenflora noch vom Feuer erfaßt wurde, das sich um den Graben herum ausbreiten konnte, jedoch offensichtlich nicht mehr die Kraft hatte, sich erneut zum Stamm- bzw. Kronenfeuer zu entwickeln (siehe dunklere Grautöne zwischen der weiß-hellgrau erscheinenden neu aufkommenden Bodenflora). Sowohl in der Bildmitte als auch in der oberen und unteren Hälfte des Bildpaares kommt eine neue Vegetation auf, die durch die kräftigen Rosa-Rot-Töne als gesund charakterisiert wird (im Bild weiß-hellgrau). Es vollzieht sich parallel zum Absterbungsprozeß ein Regenerationsprozeß. Die durch die Hitze geschädigten Pflanzen lassen durch unterschiedlichen Remissionsverlust das Aufstellen einer eindrucksvollen Farbskala zu, die den Absterbungsprozeß der Vegetation in den einzelnen Phasen deutlich zu erkennen gibt.

### Die Bedeutung dieser Technik für die Forstwirtschaft

Diese Untersuchungen haben gezeigt, daß großmaßstäbliche Luftbilder, die mit einfachen Kleinbildkameras hergestellt werden, einen durchaus bedeutungsvollen Aussagewert im Einsatzbereich der Forstwirtschaft besitzen. Die Vorteile dieses neuen photographischen Verfahrens liegen darin, daß die Herstellung der erforderlichen Bilder pro Einheit Positivmaterial weit unter dem handelsüblichen Preis von konventionellen Aufnahmegeräten für die entsprechende Einheit Material liegt; weiterhin, daß die Kameraaufhängung nach Konstruktionsplan für nur 100,— DM Materialkosten hergestellt und für eine große Variationsbreite einmotoriger Sportmaschinen verwendet werden kann. Weiterhin, daß dieses System keine von der Luftfahrtbehörde genehmigungspflichtigen Flugzeugmodifikationen verlangt, daß die Handhabung der Geräte unproblematisch ist, daß die erforderlichen Flugzeugtypen einschließlich Pilot jedem zu jeder Zeit für Stundenpreise von 50,— bis 100,— DM zur Verfügung stehen und daß die Kosten für die Entwicklung der Filme gemessen an konventionellen minimal sind.

Für den Schwarzweißfilm wurden die besten Aufnahmen erzielt bei einer Verschlußgeschwindigkeit von $^1/_{500}$ pro Sekunde, einer Flughöhe von 150 Metern über Grund und einer Fluggeschwindigkeit von 70 Mph. In diesem Zusammenhang sei nochmals mit Nachdruck darauf hingewiesen, daß diese hier aufgezeigte Technik nicht konventionelle Aufnahmemethoden ersetzen soll, auch gar nicht kann, sondern als reine Zusatzstudie betrachtet werden muß. Dieses Verfahren eignet sich vorzüglich für kleinflächige Aufnahmen im Rahmen von Stichproben, wohingegen eine großflächige Deckung vorteilhafter mit konventionellem Gerät, wie z. B. mit Reihenmeßkammern angestrebt werden sollte.

Ein großer Nachteil der hier beschriebenen Kleinbild-Technik liegt darin, daß die Bilder ausschließlich auf interpretatorische Aufgaben beschränkt sind, da korrekte Maßstabsbestimmungen wegen des Fehlens geeigneter Altimeter nicht möglich sind. Es bleibt nur zu hoffen, daß in Zukunft das Interesse an dem Ausbau und dem Einsatz von Kleinbildkameras in der Forsteinrichtung und anderen Bereichen gesteigert wird.


### Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie war die Bestimmung des informativen Wertes großmaßstäblicher Luftbilder, die mit 35-mm-Kameras für den Bereich der Forstwirtschaft hergestellt wurden und die Entwicklung einer dazu notwendigen speziellen Kameraaufhängung. Das Ergebnis dieser Untersuchungen wurde anhand von Illustrationen dokumentiert und diskutiert. Die Resultate zeigen, daß die Photos einen ins Detail gehenden Informationsreichtum besitzen und daß neben Schwarzweißfilmen Color und Falschfarbenfilme die Einsatzbreite dieses Systems beträchtlich erweitern.

### Summary

Title of the paper: *Air-photo interpretation from 35-mm films.*

The information value of large-scale aerial photographs taken with 35-mm cameras for forestry purposes and the possibility of a new camera mounting were investigated. Results showed abundance of detailed information and prospects of adding this system to the existing black-and-white, colour and false-colour photography systems. E. F. Br.

### Résumé

Titre de l'article: *Valeur de l'interprétation des photographies aériennes obtenues avec une camera de 35 mm en pratique forestière.*

Le but de cette étude était de rechercher quelle était la valeur, dans le domaine de l'économie forestière, des informations pouvant être obtenues à partir de photographies aériennes à grande échelle prises avec une caméra de 35 mm. Les données expérimentales sont présentées et discutées à l'aide d'illustrations. Il en résulte que de telles photographies sont extrêmement riches en informations allant jusqu'aux détails; le domaine d'utilisation du procédé peut être considérablement élargi, si, en plus du noir et blanc, on a recours à la couleur et à la fausse couleur. J. M.


### Literatur


Aldrich, R. C., Bailey, W. F., Heller, R. C., 1959: Large Scale 70 mm Color Photography Techniques and Equipment and their Application to a Forest Sample Problem. Photo Eng. 25 (5) pp. 747 - 754. — Avery, T. E., 1969: Interpretation of Aerial Photographs Ronald Press, New York, 2nd edition. — Carneggie, D. M., Reppert, M., 1969: Large Scale 70 mm Aerial Color Photography. Photo Eng. pp. 249 - 257. — Colwell, R. N., 1970. Cook, C. F., 1969: The Use of Light Aircraft in Forest Inventory and Mapping Woodlands Section, Pulp and Paper. Mag. Can. pp. 69 - 74. — Hildebrandt, G., 1969: Bibliographie des Schrifttums auf dem Gebiet der forstlichen Luftbildauswertung 1871 - 1968, Inst. f. Forsteinrichtung u. forstl. Betriebswirtsch. d. Univ. Freiburg pp. 58 - 68, 85 - 111. — Ders., Heller, R. C., 1971: Color and False-Color Photography: Its Growing Use in Forestry. IUFRO Joint Report. — Ders., Kenneweg, H., 1968: Beispiele forstlicher Interpretationsmöglichkeiten falschfarbiger Luftbilder. XI. Int. Kongr. Photogramm. 17 S. — Lyons, E. H., 1966: Fixed Air Base 70 mm Photography, a New Tool for Forest Sampling. For. Chron. Vol. 42, No. 4. pp. 420 - 431. — Parker, R. C., Johnson, E. W., 1970: Small Camera Aerial Photography. The K-20 System. Journ. Forestry, March 1970. pp. 152 - 155. — Sayn-Wittgenstein, L., 1962: Large Scale Sampling Photographs for Forest Surveys in Canada. Canad. Dept. of Forestry. Forest Research Branch. pp. 256 - 260. — Ders., 1965: Large Scale Aerial Photography. Plans and Problems. Soc. Am. For. Proc. pp. 178 - 179. — Ders., 1971: Large Scale Aerial Photography and Radar Altimetry. The State of the Art. IUFRO Joint Report, Freiburg 1971. — Schürholz, G, 1970: A Proposed System for 35 mm Large Scale Aerial Photography in Natural Resource Management Unveröffentl. Master Thesis, Hauptbücherei der Univ. Vancouver, Can. — Seely, H. E., 1962: The Value of 70 mm Air Cameras for Winter Air Photography. Woodlands Review, Pulp Paper Mag. Can. pp. 281 - 225. — Stellingwerf, D., 1971: Application of Remote Sensing in Forestry IUFRO Joint Report. — Willingham, J. W., 1959: Obtaining Vertical Aerial Photographic Coverage with a 35 mm Camera. Journ. Forestry pp. 108 - 110.

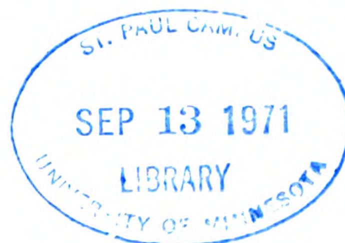


Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2. — Printed in Germany.

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG




INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



142. JAHRGANG 1971 HEFT 7 JULI

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Hann. Münden

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 64 24 Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M., Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 96 95), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.



**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 7 des 142. Jahrganges sind:**

Dr. Hermann Bogenschütz, 78 Freiburg, Bertoldstr. 17

Dr. H. Gossow, 78 Freiburg, Bertoldstr. 17

Forstmeister E. König, Forstschutzstelle Südwest, 7806 Wittental

Dipl.-Forstwirt u. Akad. Rätin Dr. Waltraud Lüdge, 78 Freiburg, Bertoldstr. 17

Rudolf Lühl, Forstzoologisches Institut der Universität Freiburg, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Gerhard Maier, Forstzoologisches Institut der Univ. Freiburg, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17



**Die Notiz erfolgte von:**

Prof. Dr. Fritz Schwerdtfeger, 34 Göttingen-Geismar, Mittelbergring 58

**Übersetzungen**

der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, 14, Rue Girardet, Nancy (Meurthe-et-Moselle), Frankreich.

Beilagenhinweis: Ich bitte, die diesem Heft beiliegenden Prospekte zu beachten.

# Soziologische und Rangordnungsaspekte bei einer alpinen Rotwild-Population

**Herrn Prof. Dr. Dr. G. WELLENSTEIN zum 65. Geburtstag**

Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg i. Br.

**(Mit 6 Abbildungen)**

Von H. Gossow, Freiburg i. Br.

Im Wildlife Management und langsam wohl auch in unserer Wildbestandsbewirtschaftung lernen wir zunehmend, die vielfältigen Beziehungen zwischen Umwelt, Soziologie, Verhalten und Populationsdynamik freilebender Wildbestände zu erkennen (vgl. z. B. Klein 1970 oder Watson und Moss 1970) und zu beachten (siehe besonders Bubeniks Veröffentlichungen, z. B. 1963 und 1967). Daran hat sicher das verstärkte Interesse an Feldstudien auch mit Großsäugern wesentlichen Anteil. Waren solche Untersuchungen zunächst weitgehend auf amerikanische und afrikanische Populationen beschränkt, sind in letzter Zeit doch auch in Europa einige vergleichbare Forschungsprogramme durchgeführt worden (z. B. von Briedermann 1967, Bützler, Krämer 1969, Kurt 1968 a und b, Lowe 1966, Nievergelt 1966).

Ich hatte in den letzten Jahren Gelegenheit, recht intensiv Untersuchungen an einer Allgäu-Tiroler Rotwild-Population zur Öko-Ethologie dieser Art in ihrem alpinen Lebensraum anzustellen.*) Dabei richtete sich ein Hauptaugenmerk auf soziologische Gliederungen, soziale Verhaltensweisen und nachweisbare Rangordnungen (RO), sowie deren jeweilige jahreszeitliche Änderungen. Im Verlauf orientierender Vorweg-Beobachtungen war bereits deutlich geworden, daß im Untersuchungsgebiet soziologische Bedingungen herrschen, die den Rahmen des bisher von mitteleuropäischem Rotwild einschlägig Bekannten anscheinend weit sprengen und gewisse Ähnlichkeiten mit dem naheverwandten Wapiti, wie auch mit dem entfernter stehenden Caribou (Kelsall 1957, Lent 1966) vermuten ließen. Insofern konnte hier ein geeigneter Modellfall vorliegen, um bestimmte Besonderheiten in öko-ethologischer, soziologischer und populationsdynamischer Hinsicht bei Rotwild zu studieren.

Rotwild lebt in den Alpen unter sehr heterogenen Bedingungen: sommerüber üppige Nahrung auf den Almflächen, den gedüngter Mähwiesen und in den nicht sehr intensiv bewirtschafteten und meist lückigen Waldbeständen, dagegen extremer Nahrungsmangel und Kälte in der anderen Jahreshälfte (Oktober - April), wenn Schnee liegt. Wo man es sich leisten kann, hilft deshalb der Mensch mit zusätzlicher Winterfütterung aus, mancherorts so gut, daß z. B. Winterverluste bei den Kälbern fast geringer sind als die im Sommer (besonders unmittelbar nach dem Setzen). Im Bereich der Fütterungen sammelt sich das Wild im Winter und bildet meist soziologisch geschlossene Rudel, die sich in ihrer Zusammensetzung oft auch über Jahre hinweg bemerkenswert konstant erhalten, während andererseits verschiedene Fütterungsrudel genauso bemerkenswerte Unterschiede im Alters- und Geschlechteraufbau zeigen (können). Die Rudelkonstanz kennzeichnet wohl weniger eine hohe Standorttreue als vielmehr den Erfolg der „Anbinde"-Fütterei, mit der man sein Sommerwild auch gern wintersüber im Gebirge zurückhält (während es früher im Winter allgemein ins Alpenvorland auswich), unterstreicht zum anderen aber sicher den passiven Charakter dieser Winterrudelungen: Die großen Schneemengen zwingen jeweils das Wild in Fütterungsrudel zusammen, das vor Wintereinbruch im Bereich der Fütterungen seine Einstände hat; nur ein recht geringer Prozentsatz des Wildes scheint die Fütterungen (oder vielleicht mehr die Wildkonzentrationen in Form der Fütterungsrudel) nicht zu mögen und bleibt „außen stehen".

All diese Rudel zeichnen sich durch RO aus, die sich zu Beginn oder im Laufe des Winters einspielen und zunächst einmal einfach am Alter und Geschlecht der Tiere orientiert sind. Männliche Tiere (Hirsche) dominieren über die weiblichen und innerhalb der Geschlechter ältere über die jüngeren. Nur die Rangbeziehungen zwischen männlichen Jährlingen (Spießern) und den älteren weiblichen Tieren sind uneinheitlich: An manchen Fütterungen dominieren die Spießer, an anderen aber zumindest ein Teil der Alttiere — letztere im allgemeinen dort, wo nur wenige oder gar keine älteren Hirsche mit zur Fütterung ziehen; wo Hirsche ein beherrschendes Element im Fütterungsrudel bilden, rücken die Spießer in der allgemeinen Rangfolge auf, profitieren also mit ihrem sozialen Image von den älteren Geschlechtsgenossen.

Darüberhinaus besteht zumindest bei den Hirschen noch eine spezifische RO, in der individuelle Eigenschaften und Fähigkeiten eine stärkere Rolle spielen als rein biologische Merkmale (wie Alter, Gewicht oder Geweihmaße). Quantitativ ist diese RO am besten mit Quotienten korreliert, die sich für jeden Hirsch aus seinen dominanten und subdominanten Verdrängungserfahrungen ergeben. Es besteht eine offenbare Tendenz zu linearer Hierarchie im winterlichen Hirschrudel; Dreiecksbeziehungen oder noch kompliziertere Ranggefüge sind (jedenfalls bei den noch geweihtragenden Hirschen) selten und dann meist auf altersgleiche Hirsche (insbesondere Spießer) beschränkt, falls solche in größerer Zahl im Rudel stehen. Äußeres Indiz für die Stabilität dieser RO ist der geringe Imponieraufwand. In rund 70% der (in einem repräsentativen Rudel beobachteten) Fälle genügte einfaches Sich-nähern oder Drauf-zu-ziehen, um einen Rangniederen Platz machen zu lassen. Gegenimponieren beobachtet man nur selten.

Dies Bild ändert sich bei den Hirschen aber drastisch, wenn sie (zuerst die älteren Hirsche) im März-April ihre Geweihe abwer-



Abbildung 1
Während des Abwerfens ziehen ältere Hirsche oft isoliert von den anderen Hirschen; andererseits trifft man sie jetzt häufiger in Gesellschaft von Kahlwild. 12. 3. 1968.

When shedding their antlers the elder stags prefer isolation from their companions or they accompany hinds during this time. March 12, 1968.

---

*) Mit Unterstützung durch DFG und Robert BOSCH-Stiftung. Eine ausführliche Darstellung ist für die Reihe „Mammelia depicta" in Vorbereitung.

fen (Abb. 1). Das ist meist mit einem Rangverlust verbunden, der jedoch von Hirsch zu Hirsch ganz verschieden ausfallen kann. Auch sind die Abwurfhirsche dann unterschiedlich erfolgreich, wenn sie untereinander wieder neue Rangbeziehungen ausmachen. Sie steigen auf der Rangleiter ungleich schnell auf und kommen oft nicht wieder auf die ihrem alten Rang (mit Geweih) entsprechenden Stufen, sind also mit und ohne Geweih unterschiedlich gut im Rangwettbewerb. Außerdem ändern sich mit dem Abwerfen die Imponierweisen bzw. kommen in anderer Häufigkeit vor (Gossow 1971): Es wird jetzt nicht nur häufiger gegenimponiert, es gelingt auch immer seltener, andere Hirsche durch einfaches Drauf-zu-ziehen zu verdrängen, so daß der Anteil aufwendiger Imponierweisen zunimmt; statt mit Geweihpräsentieren oder gelegentlichen Geweihhieben droht und attackiert man jetzt nach Art der geweihlosen weiblichen Tiere mehr und mehr mit Kopf-hoch, Auf-den-Hinterläufen-aufsteilen und Vorderlaufschlägen (Abb. 2).



Abbildung 2
Auf-den-Hinterläufen-aufsteilen und Vorderlauf-Schläge bei zwei Alttieren. 17. 3. 1966.
Rising-on-to-hindlegs and foreleg-kicking in two hinds. March 17, 1966.

Im Sommer bildeten sich im Untersuchungsgebiet Hirsch-Rudel von teils beachtlicher Stärke (Abb. 3). Den Großteil meiner Beobachtungen während der Kolbenzeit machte ich im Bereich einer Hochalm (1400 - 1700 m ü. M.), auf der sich jeden Sommer bis zu 150 Hirsche aller Altersklassen und einige Stück Kahlwild



Abbildung 3
Im Sommer aggregieren die Kolbenhirsche mancherorts zu Rudeln von beachtlicher Größe. Vereinzelt zieht auch Kahlwild mit, wie das Alttier und das Vorjahrskalb rechts vor den Hirschen in der Bildmitte. 28. 6. 1968.
In summer time the stags, when still in velvet, aggregate in often large herds. Sometimes they are accompanied by yearling and barren females. June 28, 1968.

in einem Rudel zusammenfinden. Das ist kein Einzelfall, wenn auch von mir nur in diesem einen Fall genauer untersucht. Danach zeigen Rothirsche besonders im Sommer eine beträchtliche soziale Toleranz. Vielleicht handelt sich sich sogar um ein regelrechtes soziales Bedürfnis (z. B. noch aus der Zeit ihres Steppenlebens herrührend (Beninde 1937)), das heute in den meisten Rotwild-Vorkommen nur nicht zum Tragen kommen kann. Beim Zustandekommen solcher Großrudel spielen natürlich auch rein örtliche Bedingungen eine wichtige Rolle.

Nun finden sich auf derartigen Hochalmen Hirsche aus allen Richtungen und z. T. auch sehr weiten Entfernungen ein, die sich zum größeren Teil kaum persönlich kennen dürften — wie die Hirsche in den winterlichen Fütterungsrudeln ja durchaus. Insofern ist der offene Charakter der Rudel nicht verwunderlich. Linear durchgängige RO wie in den Fütterungsrudeln gibt es nicht. Allerdings haben soziale Auseinandersetzungen hier auch nicht diesen den Futterwettbewerb unterstützenden Verdrängungscharakter wie im Winter, sondern dienen der sozialen Eingliederung der jüngeren Hirsche in die Männchen-Verbände und unterstützen im Spätsommer-Frühherbst dann die Gliederung der Hirsche in Altersgruppen (peer groups), sowie in aktiv, passiv oder gar nicht an der Brunft beteiligte Hirsche (Bubenik 1956). Dennoch machen sich auch sommersüber Rangunterschiede bemerkbar. Soziologisch fällt z. B. auf, daß ältere Hirsche vergleichsweise häufiger mit jungen als mit mittelalten Hirschen zusammen ziehen oder lagern (Abb. 4), während junge und mittelalte Hirsche annähernd zufallsgemäß zusammen gesehen wurden. Aktive Teilnahme an den wiederholt beobachteten Massensuhlereien war zum überwiegenden Teil auf geweihstarke Hirsche beschränkt; die mittleren und schwachen Hirsche fanden sich zwar ebenfalls voller Eifer an den Suhlen ein, spielten meist aber nur eine passive (Zuschauer-)Rolle.



Abbildung 4
Lagernde Kolbenhirsche: ganz junge Hirsche in nächster Nachbarschaft zu alten Hirschen, das ist häufiger als eine Ruhegemeinschaft zwischen alten und mittelalten Hirschen. 30. 6. 1968.
Resting stags (in velvet): Neighbourhood of old stags with very young stags is more often seen than with middle-aged stags. June 30, 1968.

Das soziologische Bild ändert sich im Laufe der schneefreien Zeit (Mai - Oktober) wiederholt, wie die Auswertung einiger tausend Rudel- und Einzeltier-Beobachtungen zeigte. Das Kahlwild untereinander ist in weit weniger ausgeprägter Weise tolerant oder intolerant als die Hirsche, bei denen Zeiten fast unwahrscheinlicher Verträglichkeit mit solchen extremer Intoleranz abwechseln. Stärkere Absonderungstendenzen beim Kahlwild zeigen lediglich die trächtigen Tiere alljährlich zur Zeit des Setzens, jedoch nur über wenige Tage wirklich ausgeprägt. Das Vorjahrskalb wird offenbar noch bis ganz kurze Zeit vor dem Setzen in der Nähe

geduldet. Ältere Tiere einschließlich der zweijährigen Töchter halten sich schon längere Zeit vorher nicht mehr in der Nähe der hochbeschlagenen Alttiere auf, sondern in eigenen Vergesellschaftungen, denen sich während der Setzzeit auch manche der letztjährigen Kälber anschließen können. Zum Teil halten sich die Vorjahrskälber aber auch an ihresgleichen oder ziehen in selteneren Fällen sogar in der Nähe von einzelnen Hirschen mit. Nach der Setzzeit stehen sie auch als erste wieder bei den führenden Alttieren. Infolge einer im Untersuchungsgebiet zunehmend besseren Winterfütterung ist der Prozentsatz von bereits mit zwei Jahren führenden Tieren recht hoch (geworden). Deshalb sind die „Mutterfamilien" hier oft kleiner als z. B. im Schweizer Nationalpark (Schloeth 1966), denn die zweijährigen Tiere führen oft schon ihr eigenes Kalb, statt als „Übergehendtier" noch mit der Mutter zu ziehen.

Bei den Hirschen wie beim Kahlwild liegt die Zeit größter Verträglichkeit (bzw. Rudelneigung) zwischen drei und sechs Wochen nach dem Setzen der Kälber, Ende Mai / Anfang Juni also, hält bei den Hirschen allerdings länger an als beim Kahlwild. Dieser Zeitraum erscheint insofern auffällig, als wir ganz Ähnliches vom Ren und Caribou (Lent) kennen, die in dieser Zeit riesige Herden (sogar aus beiden Geschlechtern) bilden. Beim Rotwild, das außer zur Fortpflanzungszeit weitgehend nach Geschlechtern getrennt lebt, bilden jetzt die führenden Alttiere, ihr Familienanhang und anderes Wild größere Verbände auch tagsüber: beobachtet wurden bis zu 30, 35 Stück starke Kahlwildrudel, während sich die Hirsche in bis zu 150 Stück starken Großrudeln zusammenfanden (s. o.) und in dieser Stärke auch über mehrere Wochen zusammenblieben. Allerdings geschieht diese Großrudelung weder plötzlich, noch in einer Weise permanenter Vergrößerung, sondern ist zumindest auch stark von Witterungseinflüssen abhängig. Die Kolbenhirsche ziehen im Frühsommer dem schwindenden Schnee bzw. der immer höher erscheinenden Äsung nach und weichen der Plage durch Insekten aus. Im Bereich der Hochalm agieren sie vorerst noch in kleineren Rudeln (Abb. 5) und finden sich nur langsam oder auch nur vorübergehend zu größeren Gruppierungen zusammen. Beides — das Hochziehen wie die Rudelvergrößerung — wird durch Hitzeperioden auffällig beschleunigt, während umgekehrt Schneefälle oder Kälteeinbrüche im Mai und Juni diese Bergwanderung wiederholt stoppen und auch zur Auflösung bereits bestehender größerer Rudelungen führen können. Erneute Hitze treibt die Kolbenhirsche dann zwar wieder schnell in die Höhe, aber sie benötigen doch eine neue (wenn auch kürzere) Anlaufzeit, bevor sie sich in den zuvor bereits gebildeten Großrudeln wieder zusammenschließen. Mit den bisherigen Beobachtungsdaten ist noch nicht zu entscheiden, ob bei der Großrudelbildung eine verstärkende Wirkung durch wiederholten Anblick von anderen, nicht näher bekannten Hirschen schließlich die nötige Bereitschaft hervorbringt, um sich in den anonymen Großrudeln zusammenzufinden oder ob in jedem Fall mit fortschreitender Jahreszeit eine derartige Sozial- oder Aggregationsmotivation auch endogen (als Reifung unter endokriner Einwirkung z. B.) entwickelt wird. Es gibt Beobachtungen für beide Möglichkeiten.



Abbildung 5
Kleineres Rudel mit noch verhärenden Kolbenhirschen, bei denen derartige Auseinandersetzungen zwar typisch, aber nicht allzu häufig zu beobachten sind. Am häufigsten kommen sie zwischen ähnlich geweihstarken Hirschen vor. 27. 5. 1969.

A smaller herd of stags (in velvet and still molting to the summer coat). Rising-on-to-hindlegs is typical for stags with soft antlers, but occurs not very often. May 27, 1969.

Mit dem Hartwerden und „Verschlagen" der Geweihe — das verläuft altersklassengestaffelt und beginnt bei den alten Hirschen (Abb. 6), also wie beim Geweihabwerfen auch — setzt die Auflösung der Sommerrudel zunächst in kleinere Gruppierungen ein, in denen ähnlich wie im Frühjahr und Vorsommer eher ungleich als ähnlich alte (bzw. geweihstarke) Hirsche beisammenbleiben; daneben sieht man auch schon recht bald Rudel von offenbar nur altersgleichen Hirschen (peer groups). Ab Mitte/Ende August entwickeln die älteren und mit der Zeit auch die mittelalten Hirsche mehr und mehr eine einzelgängerische Lebensweise und verteilen sich langsam auf die Kahlwildeinstände (= prospektive Brunftplätze). In den „Junggesellen-Klubs" der Spießer und anderen jungen Hirsche findet man jetzt wie teilweise auch während der Brunft Schmal- und Alttiere, die vermutlich noch nicht bzw. im betreffenden Jahr nicht brunftig werden. Auch sommersüber absentieren sich nämlich einzelne Schmaltiere (Vorjahrskälber), Übergehendtiere (zweijährig) und nicht führende ältere Tiere (Gelttiere) und halten sich in Gebieten auf, wo kaum oder gar keine Kälber aufgezogen werden; solche Tiere ziehen z. T. auch in den großen Hirschrudeln mit (Abb. 3).



Abbildung 6
Ende Juli, Anfang August beginnen die älteren Hirsche (li.) ihr Geweih zu fegen, die jüngeren Jahrgänge (re. hinten) folgen damit später nach. 4. 8. 1966.

End of july, beginning of august the elder stags (left) start velvet shedding. August 4, 1966.

Auffällig war in meinem Beobachtungsgebiet die meist geringe Brunftrudelgröße: Brunfthirsche waren oft mit nicht mehr als 1, 2 Stück Kahlwild zusammen; letzteres sah man häufig aber auch ohne Hirsche in seiner Nähe. Das ist durchaus nicht überall so im alpinen Raum oder in Mittelgebirgen mit vergleichbar hohen Rotwild-Dichten (z. B. Harz), sondern oft genau umgekehrt. Im Untersuchungsgebiet scheint zweierlei zusammenzuwirken: ein zu kleiner Anteil an wirklich alten, starken Hirschen — die müssen dort erst wieder heranwachsen: der Alterspyramide fehlt gleichsam der Gipfel —, sowie eine vergleichsweise zu hohe Anzahl an schon aktiv brunftenden Hirschen (vgl. Bubenik 1956) aus der Mittelklasse, da auf Grund der guten Winterfütterung plus Sommer-

äsung (Hochalmen und gedüngte Mähwiesen) zu viele ältere Hirsche von einigermaßen gleichwertiger Kondition sind, eine sonst (und wohl auch natürlicherweise) stärker gestaffelte Konditionsdifferenzierung damit aber überspielen und das Kahlwild mehr aufgeteilt wird. Außerdem ist infolge des hohen und gleichmäßig verteilten Äsungs- und Einstandsangebotes das standortfestere Kahlwild nicht zu den Konzentrationen gezwungen, wie man sie in den intensiver bewirtschafteten und unruhigeren Forsten unserer Mittelgebirge vorfindet.

Brunftkämpfe zu beobachten gelingt erfahrungsgemäß nur selten. Dennoch finden sich alljährlich an den Abwurfstangen (von Hirschen bekannten Alters) besonders bei einer enger umschriebenen Altersgruppe Absplitterungen und Endenbrüche, die deutlich erst am fertigen Geweih entstanden sind und zum überwiegenden Teil Kampfauswirkungen sein dürften. Interessant ist nun, daß solche bei den 7 - 9jährigen Hirschen offenbar dominieren; bei jüngeren oder älteren Hirschen beobachtet man aber nur noch selten Stangenverletzungen, obgleich spielerisches Kämpfen (Scheinkämpfe) allgemein verbreitet ist. Ganz ähnlich verhält es sich mit den Lauscherkerbungen, die ebenfalls bei sieben-, achtjährigen Hirschen erstmals auftreten und nach dem 9., 10. Kopf kaum noch ‚Zuwachs' erhalten. Diese Indizien markieren m. E. recht gut das Eintrittsalter der Hirsche in den Klub der aktiven Brunfthirsche.

Die Brunft zeichnete sich in meinem Untersuchungsgebiet durch einen interessanten Verhaltenspolymorphismus aus. In einigen Kahlwildeinständen halten sich bestimmte Hirsche nahezu die ganze Brunft über auf und halten dort untereinander mehr oder weniger feste Distanzen recht gut ein (u. a. lautlich markiert und kontrolliert); darüberhinaus werden sie kaum durch zuwandernde Konkurrenten belästigt. Diese deutlich territorialen Hirsche waren entweder noch jung, aber auffällig stark (im Geweih) und nur noch recht unerfahren, meist aber alt, jedoch nach Sommerbeobachtungen zu schließen zurückhaltend und ausweichend im Verhalten, und zum Teil überaltert und ausgesprochen heimlich und still (keine Lautäußerungen). Ich kenne auch nur von solchen Hirschen Beispiele dafür, daß sich weibliche Tiere ausdrücklich gegen den Beschlag wehrten. Bei diesen territorial aufgeteilten Brunftplätzen handelt es sich offenbar um Einstände 2. Wahl, was ihre Attraktivität fürs Kahlwild und die Kälberaufzucht anbetrifft. In den bevorzugten Kahlwildeinständen dagegen findet sich meist das gewohnte Bild mit einigen alten Hirschen im Wettbewerb um möglichst große Kahlwildrudel; in der Nähe sind stets Beihirsche, und im übrigen herrscht ein ständiges Kommen und Gehen der Hirsche, die jeweils nur für wenige Tage im Gebiet bleiben und dann weiterziehen, oft Jahr für Jahr nach einem gleichbleibenden ‚Fahrplan'. Da der territoriale Verhaltenstyp kräfteschonend ist und mehrere, auch schwächere Hirsche zur Fortpflanzung zuläßt, der andere (= Arena-Typ) aber eine recht scharfe Auslese zugunsten der stärksten Hirsche betreibt, liegt es nahe, darin adaptive Mechanismen für unterschiedliche populationsdynamische Situationen (hinsichtlich Dichte, Geschlechterverhältnis und Altersklassenaufbau) zu vermuten. Wir kennen Ähnliches nämlich schon aus den Untersuchungen von BUECHNER (1963) und LEUTHOLD (1966) an Uganda-Kob-Antilopen. Die Böcke dieser Art halten sich zum Teil ebenfalls in traditionellen Paarungsplätzen („Arenen") auf, wo auch der Großteil der Begattungen stattfindet. Ein Teil der Böcke bezieht aber peripher gelegene Einzelterritorien, wo gelegentlich zwar ebenfalls Begattungen vorkommen, die zur Fortpflanzung der Population aber kaum wesentlich beitragen. Solche Einzelterritorien sind offenbar der ursprünglichere Typ, der sich ausschließlich nur in kleinen, sich erst entwickelnden Populationen oder aber im Randareal größerer Populationen findet. Wir können für diese Antilope wie für das Rotwild unterstellen, daß ein solcher Verhaltenspolymorphismus der ganzen Art eine Anpassungsfähigkeit verleiht, die sie mit auch plötzlich stark veränderten Umweltbedingungen besser fertig werden läßt.


**Zusammenfassung**

Einige Ergebnisse aus mehrjährigen Untersuchungen an einer alpinen Rotwild-Population werden im Überblick beschrieben. Schnee und zusätzliche Winterfütterung führen zur Bildung von örtlich weitgehend getrennten und soziologisch geschlossenen Fütterungsrudeln. Zumindest die Hirsche bilden deutliche Rangordnungen mit linearer Hierarchie (entsprechend den Verdrängungsquotienten der Hirsche), die mit dem Geweihabwerfen aber zerbrechen und sich in oft veränderter Form wieder aufbauen. Im Sommer leben die Geschlechter deutlicher getrennt als im Winter. Die Rudel besonders der Kolbenhirsche erlangen teilweise beachtliche Größe, sind soziologisch offen und ohne erkennbare feste Rangordnungen, jedoch finden sich in manchen Situationen altersabhängige Gliederungen oder Verhaltensunterschiede. Reibereien zwischen Kolbenhirschen sind selten, dürften aber die soziale Eingliederung jüngerer Hirsche in den Männchenverband unterstützen. Die Brunft spielt sich auf traditionellen Paarungsplätzen ab, welche mit Kahlwild-Einständen identisch sind. Sie sind entweder nach einem territorialen Muster zwischen bestimmten Hirschen aufgeteilt, die einander vorwiegend lautlich kontrollieren; es handelt sich um subdominante, aber aktiv brunftende Hirsche, sowie bei diesen Brunftplätzen um suboptimale oder periphere Kahlwildeinstände, während auf den bevorzugten Brunftplätzen ein in seiner Zusammensetzung ständig wechselnder Klub von Hirschen wie in einer Arena in Wettbewerb miteinander steht. Dieser Verhaltenspolymorphismus wird als Anpassungsmechanismus an unterschiedliche populationsdynamische Situationen aufgefaßt. Ernsthafte Brunftkämpfe sind auf die Altersgruppe der 7 - 9jährigen Hirsche konzentriert und markieren das Eintrittsalter aktiver Brunftteilnahme.

**Summary**

Title of the paper: *Sociology and rank order aspects in an alpine red deer population.*

Some results are summarized from a 4 years field study with an alpine red deer population. The amount of snow and artifical winter feeding separate and concentrate the deer in sociologically 'closed' herds. At least the stags within those feeding herds build up clear rank orders with a linear hierarchy depending on the stags' "competetion quotients" (= ratio of dominant to subdominant experiences). These rank orders break off with antler shedding. The newly arranged rank orders often differ from that before.

During summer both sexes are living more separated than in winter and during the rut. The deer herds now show an often changing composition without fixed rank orders, but with distinguishable age class groupings in specific situations (resting; wallowing). Summer comptetetions of stags are not for food like in winter feeding herds, but seem to be helpful for the social integration of the younger age classes into the bachelor herds, and for dividing the males in peer groups during the pre-rut.

Rutting activity takes place on traditional pairing grounds which are identical with the hinds' breeding territories. The more peripheral or suboptimal grounds (with smaller density of hinds and calves respectively) are subdivided in a territorial manner. Rutting behaviour on the preferred grounds belongs to a lek-like type. This behavioral polymorphism is interpreted as an adaptive mechanism to differing situations regarding population dynamics. Serious fighting is concentrated on a specific age class (7 - 9 years old), and is marking the starting age of active rutting behaviour. A.

**Résumé**

Titre de l'article: *Aspects sociologiques et hiérarchiques dans une population de cerfs des Alpes.*

Quelques résultats de recherches faites pendant plusieurs années sur une population de cerfs des Alpes sont rapidement donnés. La neige et les apports de nourritures complémentaires conduisent à la formation de hardes très isolées topographiquement et sociologiquement «fermées». Les cerfs mâles au moins se classent nettement suivant une hiérarchie linéaire (correspondant aux «quotients d'éviction» des cerfs); ces classes disparaissent lors de la chute des bois et peuvent se reconstituer ensuite sur d'autres bases. En été les mâles et les femelles vivent plus isolés qu'en hiver. Les hardes notamment celles des «cerfs en velours» peuvent atteindre dans certains cas des tailles remarquables; elles sont sociologiquement ouvertes et aucune hiérarchie ne s'y distingue nettement; cependant dans plusieurs cas on trouve une classification suivant l'âge ou les différences de comportement. Les luttes entre cerfs en velours sont rares; elles permettent cependant à de jeunes cerfs de s'incorporer socialement au club des adultes. Le rut a lieu sur des places d'accouplements traditionnelles qui s'identifient aux remises des biches et des faons. Ces places sont reparties territorialement entre des cerfs déterminés qui les contrôlent réciproquement surtout à la voix; il s'agit de cerfs mâles sous dominants mais génésiquement actifs; ces places de ruts correspondent aussi à des remises de biches et de faons «suboptimales» ou «périphères». Par contre sur les places de rut «préférentielles» on trouve un Club de cerfs mâles dont la composition change continuellement à la suite de combats, comme dans une arène. Ce polymorphisme du comportement doit être compris comme un mécanisme d'adaptation à des situations diverses résultant de la dynamique des populations. Les combats sérieux se concentrent entre cerfs âgés de 7 à 9 ans et marquent l'âge auxquels les mâles participent activement au rut. J. M.

### Literatur

BENINDE, J. (1937): Zur Naturgeschichte des Rothirsches. Monographien Wildsäuget. IV, Leipzig. — BRIEDERMANN, L. (1967): Zum Ablauf der sommerlichen Aktivitätsperiodik des Gamswildes in freier Wildbahn. Zool. Garten (NF) 33, 279 - 305. — BUBENIK, A. B. (1956): Biostatistische Untersuchung einer Hirschbrunft. Z. Jagdwiss. 2, 142 - 148. — Ders. (1963): Wilddichte — Fassungsvermögen — Wildschaden. Jahrbuch ÖAWF, 27 - 50. — Ders. (1967): Probleme der Wilddichte im Lichte der Wildsoziologie. Schweiz. Zs. Forstw. 118, 57 - 64. — BUECHNER, H. K. (1963): Territoriality as a behavioral adaptation to environment in Uganda kob. Proc. XVI Intern. Congr. Zoology 3, 59 - 63. — BÜTZLER, W. (1970): Kampf- und Paarungsverhalten, soziale Rangordnung und Aktivitätsperiodik beim Rothirsch. Dissert. Göttingen. — GOSSOW, H. (1971): Einfluß des Geweihwechsels auf die Rangordnung im Hirschrudel. Umschau, 241 - 242. — KELSALL, J. P.: Continued Barren Ground caribou studies. Canad. Wildl. Serv., Wildl. Mgmt. Bull., Series 1, 12, 1 - 148. — KLEIN, D. R. (1970): Food selection by North American deer and their response to over-utilization of preferred plant species. In: Animal Populations in Relation to their Food Resources (ed. by A. WATSON), Oxford and Edinburgh. — KRÄMER, A. (1969): Soziale Organisation und Sozialverhalten einer Gemspopulation der Alpen. Z. Tierpsychol. 26, 889 - 964. — KURT, F. (1968): Das Sozialverhalten des Rehes. Mammalia depicta 3. Hamburg und Berlin. — Ders. (1968): Zusammenhänge zwischen Verhalten und Fortpflanzungsleistung beim Reh. Z. Jagdwiss. 14, 97 - 106. — LENT, P. C. (1966): Calving and related social behavior in the Barren Ground caribou. Z. Tierpsychol. 23, 701 - 756. — LEUTHOLD, W. (1966): Variations in territorial behavior of Uganda kob. Behav. XXVII, 214 - 257. — LOWE, D. (1966): Observations on the dispersal of red deer on Rhum. Symp. zool. Soc. Lond. 18, 211 - 228. — Ders. (1969): Population dynamics of the red deer on Rhum. J. Anim. Ecol. 38, 425 - 457. — NIEVERGELT, B. (1966): Der Alpensteinbock in seinem Lebensraum. Mammalia depicta 1. Hamburg und Berlin. — SCHLOETH, R. (1966): Verwandtschaftliche Beziehungen und Rudelbildung beim Rothirsch. Rev. Suisse Zool. 73, 434 - 440. — WATSON, A., und R. MOSS (1970): Dominance, spacing behaviour and aggression in relation to population limitation in vertebrates. In: Animal Populations in Relation to their Food Resources. Ed. by A. WATSON. Oxford und Edinburgh.

# Der Einfluß von Laubholzunterbau auf die Schädlingsdichte in den Kiefernbeständen der Schwetzinger Hardt

Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg

**Herrn Prof. Dr. Dr. G. WELLENSTEIN zum 65. Geburtstag**

(Mit 1 Abbildung und 4 Tabellen)

Von WALDTRAUT LÜDGE

Nadelholzmonokulturen stellen für viele Probleme des Forstschutzes lohnende Studienobjekte dar; vor allem in Hauptschadgebieten, wie z. B. den südlich von Mannheim gelegenen Kiefernbeständen des Schwetzinger Hardtwaldes. Diese wurden in den vergangenen 150 Jahren periodisch von Massenvermehrungen forstlicher Großschmetterlinge und der Kiefernbuschhornblattwespe heimgesucht. Verlauf und Art dieser Kalamitäten sowie ihre räumliche und zeitliche Ausdehnung sind mehrfach von Mitarbeitern des Forstzoologischen Institutes der Universität Freiburg nach verschiedenen Gesichtspunkten untersucht worden. Das Interesse galt dabei zunächst der Frage nach den allgemeinen Ursachen der Biozönosestörungen (CRAMER 1962); danach beschäftigte sich LÜDGE (1963) mit den speziellen ökologischen Bedingungen für die unterschiedliche Anfälligkeit der Bestände gegen Schädlinge. KLIMETZEK (1971) vergleicht in seinen Untersuchungen über die Häufigkeit und Stärke von Raupenkalamitäten die in der Literatur wiederholt diskutierten Schwetzinger Schädlingsreihen mit denen in anderen Bundesländern. Als Grundlage für diese historischen, epidemiologischen und gradologischen Studien dienten die Forstschutzakten, die für den Schwetzinger Wald ab Anfang des 19. Jahrhunderts nahezu lückenlos erhalten sind. Insgesamt haben hier von 1819 - 1969 27 Massenvermehrungen stattgefunden; dazu kamen 12 Gradationen, also bedrohliche Steigerungen der Populationsdichte, die nicht zu wirtschaftlich nachweisbaren Schäden geführt haben. Die letzte Raupenkalamität verursachte der Kiefernspinner *(Dendrolimus pini L.)* 1947/48. Er vermehrte sich im Süden des Reviers auf einer Fläche von ca. 350 ha so massenhaft, daß unmittelbare Kahlfraßgefahr drohte. Seither gab es nur noch 1953 ein örtlich eng begrenztes stärkeres Auftreten der Kiefernbuschhornblattwespe *(Diprion pini L.)*, obgleich die Witterungskonstellationen von 1947 - 1969 mehrmals Werte aufwiesen, die nach den Ermittlungen von CRAMER (1962) in früheren Jahrzehnten großräumige Schädlingskalamitäten ausgelöst hatten. Es lag nahe, als Ursache für deren Ausbleiben im genannten Zeitraum den vor über 40 Jahren systematisch auf großen Flächen begonnenen, nunmehr wirksam werdenden Laubholzunterbau anzusehen, da dieser ökologische Faktor inzwischen die Bestandesverhältnisse wesentlich verändert hat.

Deutliche Hinweise auf die Richtigkeit dieser Annahme hatten sich schon bei den vergleichenden Untersuchungen über die Höhe des Latenzbestandes ergeben (LÜDGE 1963). Für diese Aufnahmen waren folgende Verfahren angewendet worden: 1. Auswertung der seit 1949 zur laufenden Überwachung der Schädlinge geführten amtlichen Puppenbücher, 2. umfangreiche eigene Probesuchen in den Jahren 1958 und 1959, wobei das erstere sich wegen erhöhter Populationsdichte als besonders günstig erwies. Übereinstimmend

zeigten beide Erhebungen, daß der Puppenbelag in den mit Laubbäumen und Buschwerk unterstellten Waldpartien auch in der Latenzzeit erheblich niedriger ist als in den laubholzfreien Kiefernbeständen. Dabei war allerdings die Anzahl der Insekten stets höher in den früher häufig geschädigten Revierteilen als in den nur selten von Kalamitäten heimgesuchten Beständen. Das heißt also, daß der Laubholzunterstand sich zwar reduzierend auf den Schädlingsbesatz auswirkte, jedoch die standortbedingten Differenzen nicht aufzuheben vermochte.

Unsere eigenen Freilandkontrollen erstreckten sich nur über zwei Jahre und schienen uns daher für eine verbindliche Aussage nicht ausreichend. So schalteten wir uns während der Jahre 1963 - 1969 in die amtlich vorgeschriebenen prognostischen Probesuchen ein, um die weitere Entwicklung der Verhältnisse über einen längeren Zeitraum hinweg verfolgen und die Ergebnisse nach den uns interessierenden Gesichtspunkten auswerten zu können. Dazu war es notwendig, in den offiziell festgelegten Kontrollbeständen, die der homogenen Reihen wegen beibehalten werden sollten, repräsentative Suchstellen zu ermitteln.

Die ausgewählten Kiefern, an deren Stammfuß die Probegrabung vorgesehen war, erhielten durchlaufende Nummern und wurden in Revierkarten eingetragen. Eine genaue Beschreibung der Probeflächen erfolgte an Ort und Stelle. Sie umfaßte jeweils die Altersklasse des Bestandes, Art, Höhe und Dichte des Unterbaues, Beschaffenheit der Bodendecke und Schlußgrad der Kronen. Darüberhinaus registrierten wir gegebenenfalls noch die Entfernung zum nächsten Nistkasten oder Ameisenhügel.

Die in den Jahren 1964 - 1969 abgesuchten Probestellen wurden nach Möglichkeit in unmittelbarer Nähe der 1963 ausgewählten Stämme angelegt; die Kontrollen fanden auf diese Weise stets am gleichen Kleinstandort statt. Nach Krone und Brusthöhendurchmesser sollten die Probekiefern jeweils den umgebenden Bestand repräsentieren. Unvermeidliche geringe Abweichungen hiervon sowie Veränderungen des Biotops etwa durch zunehmende Dichte und Höhe des Laubholzunterstandes wurden registriert und bei der Auswertung berücksichtigt.

Das örtliche Forstpersonal nahm die Probesuchen unter Anleitung und Aufsicht von Mitarbeitern des Forstzoologischen Institutes (FZI) vor[1]. 1966 und 1968 konnten zusätzliche Flächen mit wissenschaftlichen Hilfskräften, Forstschülern und Studenten abgesucht werden. Im Winter 1969/70 übernahm das FZI die Probegrabungen ausschließlich in eigene Regie, da dem Forstamt keine Arbeiter hierfür zur Verfügung standen. Erfahrungsgemäß ist bei den amtlichen Puppensuchen mit einem größeren Übersehfehler zu rechnen, der jedoch unabhängig ist von den Bestandestypen. Da außerdem alle Kontrollen stets in den gleichen Forstorten bzw. vergleichbaren benachbarten Flächen stattfanden, erscheint es gerechtfertigt, die Ergebnisse hier des Raummangels wegen gemeinsam zu betrachten.

Das Fundmaterial wurde — für jede Suchstelle getrennt — einzeln in Listen eingetragen: Puppen von Kiefernspanner *(Bupalus piniarius L.)*, Forleule *(Panolis flammea Schiff.)*, Schwärmer *(Hyloicus pinastri L.)* und indifferenten Schmetterlingen *(Lepidopteren)*, Raupen des Kiefernspinners *(Dendrolimus pini L.)* sowie Kokons von Kiefernbuschhornblattwespen *(Diprioninae)* und Schlupfwespen, ferner Tachinentönnchen. Um den Parasitierungsgrad einwandfrei feststellen und in den verschiedenen Bestandestypen miteinander vergleichen zu können, züchteten wir die Überwinterungsstadien in Reihenzwingern im Insektarium aus.

Im siebenjährigen Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 7680 qm Probeflächen kontrolliert. 4660 qm davon haben Laubholzunterstand, der Rest entfällt auf solche Stellen, die von uns als „laubholzfrei" eingestuft wurden. Das heißt jedoch keineswegs, daß man sich diese als reine, öde Kiefernheide vorzustellen hat, wie es dem Bild der Schwetzinger Hardt vor etwa 150 Jahren im wesentlichen noch entsprach. Absolut laubholzfreie Bestände auf mehrere ha großen Flächen gibt es heute im ganzen Forstbezirk kaum noch. Für unsere Untersuchungen über den Einfluß des Laubholzunterbaues auf die Schädlingsdichte in der Latenzphase galten daher grundsätzlich folgende Kriterien:

*A* = *ohne Laubholz* = Probebestand nicht oder nur mit weiträumig verteiltem niedrigem, einzeln stehendem Laubholz von Knie- bis etwa 1 m Höhe durchstellt, keine oder nur vereinzelt eingestreute ältere Laubbäume, wenig Gebüsch;

*B* = *mit Laubholz* = dicht bis sehr dicht geschlossener, gutwüchsiger Laubholzunterstand, mannshoch und höher, mancherorts auch Buschwerk (Schlehen, Faulbaum u. ä.) in stärkerem Umfang.

Korrekterweise müßte man also von Suchstellen sprechen, die unter der Einwirkung von Laubholz stehen und solchen, die noch ohne oder nahezu ohne Laubholzeinfluß sind. Der Kürze wegen sollen sie aber im Text einfach als „mit" und „ohne Laubholz" bzw. „unterbaut" und „nicht unterbaut" bezeichnet werden. Innerhalb dieser beiden Untersuchungsvarianten wurden noch die

*I* = *„stark disponierten Bestände"*, das sind solche, die früher sehr häufig durch Massenvermehrungen der oben genannten Insekten geschädigt wurden, getrennt von den

*II* = *„schwach disponierten"*, also jenen, die empirisch nur selten von nadelfressenden Raupen befallen waren (vgl. Lüdge 1963).

Die Ergebnisse der vergleichenden Aufnahmen werden nachstehend mitgeteilt und erörtert. Zunächst soll Tabelle 1 einen Gesamtüberblick vermitteln über die während der einzelnen Jahre in den vier verschiedenen Untersuchungsvarianten ermittelten durchschnittlichen Puppenzahlen.

Betrachtet man zunächst die Summe der Schmetterlingspuppen in den verschiedenen Varianten für den gesamten Untersuchungszeitraum, so zeigt sich, daß sie in dem laubholzfreien, stark für Schädlinge disponierten Bestandestyp A I mit durchschnittlich 172.9/ar am höchsten ist. Es folgt der nur schwach disponierte, aber ebenfalls nicht unterbaute Typ A II mit 128.3/ar und darauf der zwar früher von Forstinsekten häufig geschädigte, jetzt dicht mit Laubholz versehene Typ B I mit 106.1/ar im Mittel. Am wenigsten Puppen wurden in den auch empirisch nur selten von Raupenvermehrungen befallenen, stark unterbauten Revierteilen gefunden (76.0/ar). Dieses Gefälle der Populationsdichte ist beim Spanner ganz eindeutig ausgeprägt und tritt hier vor allem in Jahren mit hohen Belagszahlen (1966, 1968, 1969) auffallend in Erscheinung. In den Wintern mit niedrigen Puppenzahlen (1963, 1964, 1965 und 1967) dagegen, sowie bei den i. a. während der Latenzzeit in erheblich geringerem Umfang auftretenden Eulen und Schwärmern läßt sich diese Tendenz nicht erkennen. Der Kiefernspinner, der im Laufe der Reviergeschichte wiederholt katastrophale Massenvermehrungen verursacht hat, wurde in den letzten Jahren so selten gefunden, daß er nur der Vollständigkeit halber in der Tabelle aufgeführt ist.

Bei Eule, Schwärmer und Spinner nimmt die Anzahl der Puppen bzw. Raupen nicht gleichmäßig von A I nach B II hin ab. Vielmehr entspricht hier die Reihenfolge der Häufigkeit dem schon erwähnten Ergebnis früherer Untersuchungen (Lüdge 1963). Die Abstufung lautete damals: A I - B I - A II - B II, die Befunde in den extrem ausgeprägten Bestandestypen (ohne Laubholz, stark disponiert bzw. mit Laubholz, nicht disponiert) stimmen also mit den im Untersuchungszeitraum 1963 - 1969 gewonnenen Werten überein, während sich im Gesamtergebnis das Verhältnis bei den beiden mittleren Varianten B I (mit Laubholz, aber stark disponiert) und

[1]) Dem Leiter des Forstamtes Schwetzingen, Herrn Oberforstrat Gihr und seinen Revierbeamten möchte ich für die freundliche Unterstützung unserer Arbeit danken. Herrn Professor Dr. Dr. Wellenstein, der selbst in unermüdlicher Initiative bei den Einsätzen mitgewirkt hat und allen Mitarbeitern, die an den mühevollen Außenaufnahmen beteiligt waren, sei an dieser Stelle ebenfalls nochmals herzlich gedankt.

Tabelle 1

**Durchschnittliche Belagsdichte der je ar gefundenen Überwinterungsstadien forstschädlicher Großschmetterlinge und Blattwespen in Kiefernbeständen des Forstbezirks Schwetzingen[2, 3] †**

A = ohne Laubholz, B = mit Laubholz,
I = stark disponiert, II = schwach disponiert

| Jahr | *Spanner* | | | | *Eule* | | | | *Schwärmer* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A I | A II | B I | B II | A I | A II | B I | B II | A I | A II | B I | B II |
| 1963 | ■ 4.8 | 3.7 | 4.9 | 1.0 | + 6.3 | 2.3 | 5.7 | 3.1 | 2.2 | 0.5 | 1.2 | 1.2 |
| 1964 | 6.0 | 4.7 | 5.7 | 2.7 | 1.6 | 2.3 | 2.0 | 1.6 | 1.0 | 0.9 | 1.2 | 0.8 |
| 1965 | 8.3 | 16.3 | 6.1 | 10.2 | 1.3 | 1.9 | 2.0 | 0.6 | 1.9 | 2.8 | 2.0 | 1.2 |
| 1966 | ✱ 28.1 | 17.4 | 12.7 | 8.6 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 1.3 | 0.7 |
| 1967 | ■ 12.5 | 8.1 | 5.5 | 6.2 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 1.2 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 1968 | △ 29.3 | 23.2 | 16.1 | 13.7 | 6.4 | 8.4 | 6.2 | 4.4 | 2.1 | 1.1 | 1.6 | 2.2 |
| 1969 | + 35.8 | 25.5 | 19.1 | 12.7 | ✱ 16.7 | 3.6 | 6.4 | 3.6 | 3.3 | 2.7 | 3.6 | 2.0 |
| Summe der Mittelwerte: | *124.8* | *98.9* | *70.1* | *55.1* | *33.8* | *19.7* | *23.3* | *13.5* | *12.3* | *9.2* | *11.5* | *6.8* |

| Jahr | *Spinner* | | | | *Summe der Schmetterlinge* | | | | *Blattwespen* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A I | A II | B I | B II | A I | A II | B I | B II | A I | A II | B I | B II |
| 1963 | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 0.2 | ✱ 13.9 | 7.0 | 12.6 | 5.5 | 7.3 | 3.7 | 4.1 | 3.9 |
| 1964 | 0.3 | 0.0 | 0.4 | 0.4 | 8.9 | 7.9 | 9.3 | 5.5 | + 2.2 | 9.3 | 2.9 | 4.5 |
| 1965 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | + 12.1 | 21.0 | 10.1 | 12.0 | 1.6 | 0.0 | 2.0 | 1.0 |
| 1966 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ✱ 29.0 | 18.6 | 14.7 | 9.3 | + 4.1 | 1.3 | 3.0 | 2.0 |
| 1967 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ✱ 14.9 | 9.3 | 6.4 | 7.1 | ■ 8.2 | 11.9 | 5.2 | 4.5 |
| 1968 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | △ 38.3 | 32.7 | 23.9 | 20.3 | 26.7 | 18.9 | 21.3 | 21.5 |
| 1969 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | ■ 55.8 | 31.8 | 29.1 | 16.3 | 9.2 | 18.2 | 20.0 | 16.4 |
| Summe der Mittelwerte: | *2.0* | *0.5* | *1.2* | *0.6* | *172.9* | *128.3* | *106.1* | *76.0* | *59.3* | *63.3* | *58.5* | *53.8* |

[2]) Die statistische Bearbeitung wurde von Herrn Diplom-Forstwirt D. Klimetzek durchgeführt. Hierfür sei ihm, auch an dieser Stelle, nochmals sehr herzlich gedankt.

[3]) Die Werte für die Belagsdichte in den einzelnen Suchflächen weichen für alle 4 Untersuchungsgruppen bzw. in allen Jahren „stark signifikant" bzw. „signifikant" von der Normalverteilung ab[4]). Auch weisen sie nahezu ausnahmslos ungleiche Varianzen auf[5]), darüberhinaus kommen zahlreiche Nullwerte vor. Parametrische Verfahren sind somit bei der statistischen Prüfung nicht anwendbar. Im vorliegenden Fall wurde für die einzelnen Jahre bzw. Altersklassen eine „einseitige Varianzanalyse" nach Kruskal-Wallis zwischen den Gruppen A I, A II, B I und B II durchgeführt[6]).

Die numerischen Berechnungen fanden auf der IBM 7040-Anlage des Rechenzentrums der Universität Freiburg statt. Folgende FORTRAN IV-Programme wurden angewendet:

[4]) NORMP (Gebhardt, F. 1966)

[5]) PAMV (Gebhardt, F. 1966)

[6]) NONPAR (Carlson, J. 1967)

† Die Echtheit der Unterschiede zwischen den Gruppen A I / A II / B I / B II ist auf folgendem Niveau gesichert:

+ = 10 %
△ = 5 %
■ = 2 %
✱ = 0,1 %

A II (ohne Unterbau, nur schwach disponiert) nunmehr umgekehrt hat. Dies deutet darauf hin, daß mit zunehmender Höhe, Dichte und Ausdehnung des Laubholzunterstandes die ursprünglichen standörtlich bedingten Einflüsse allmählich zurücktreten.

Nicht ganz so eindeutig wie bei den Schmetterlingen sieht das Bild bei den Blattwespen aus. Sie erreichten die höchsten Kokonzahlen in den nicht disponierten, laubholzfreien Forstorten und weisen auch innerhalb der einzelnen Jahre recht uneinheitliche Werte auf. Damit bestätigt sich die Beobachtung, daß die *Diprioninae* nicht in so starkem Maße an bestimmte Standorte gebunden sind wie die untersuchten Lepidopteren.

Die Unterschiede in der Höhe des Latenzbestandes der einzelnen Schädlinge kommen besonders eindrucksvoll in der nachstehenden graphischen Darstellung zur Geltung. Als Berechnungsgrundlage für die Mittelwerte dienten hier die Jahre 1963 - 1967 und 1969. Die 1968 ermittelten Zahlen konnten mit Rücksicht auf die statistische Auswertung nicht einbezogen werden, da in diesem Jahr die Suchflächengröße auf 2,5 qm reduziert worden war, mithin andere Bezugseinheiten vorlagen[7]).

[7]) Diese Erhebungen sollten die Frage klären, ob die amtlich vorgeschriebene Suchflächengröße reduziert werden kann, ohne die Genauigkeit der Ergebnisse zu beeinträchtigen. Damit könnte für die Praxis künftig eine Arbeitserleichterung und Kostenersparnis erreicht werden (Schletz und Wellenstein in Vorbereitung).

Um beurteilen zu können, wie sich die Einbringung von Laubhölzern auf das Schädlingsreservoir der Kiefernbestände auswirkt, ist es erforderlich, nicht nur die Gesamtzahl der Puppen und Kokons festzustellen, sondern auch die natürliche Mortalitätsrate und die Dezimierung durch Parasiten zu betrachten[8]). Das Fundmaterial wurde daher, nach Untersuchungsvarianten getrennt, einzeln in Reihenzwingern im Insektarium aufbewahrt und die Abgänge sowie der Anteil parasitierter und normal geschlüpfter Tiere ermittelt. Die Anzahl frei überwinternder Schlupfwespen und Tachinen wurde ebenfalls registriert. Sie ist jedoch in der Latenzphase zu gering, Streuung und Übersehfehler daher zu groß, so daß sich keine Schlüsse aus den gewonnenen Werten ziehen lassen. Wir beschränken unsere Aussagen über den Parasitenbesatz deswegen auf die durch Aufzucht der Schädlinge ermittelten Zahlen. Diese sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Der Anteil gesunder Tiere am gesamten Fundmaterial nimmt also etwa proportional zur Höhe der Belagsdichte je ar ab. Das hierdurch entstehende deutliche Gefälle wird wiederum vom Spanner, mithin dem am stärksten vertretenen Schädling, verursacht, der in dem laubholzfreien, stark disponierten Bestandestyp A I mit 11.0 gesunder Puppen je ar über doppelt so hohe Durchschnittswerte erreicht wie in dem dicht unterbauten, nicht

[8]) Herr Oberamtsrat R. Gauss stellte sich freundlicherweise für die Bestimmung der Parasiten zur Verfügung, wofür ich ihm vielmals danke.

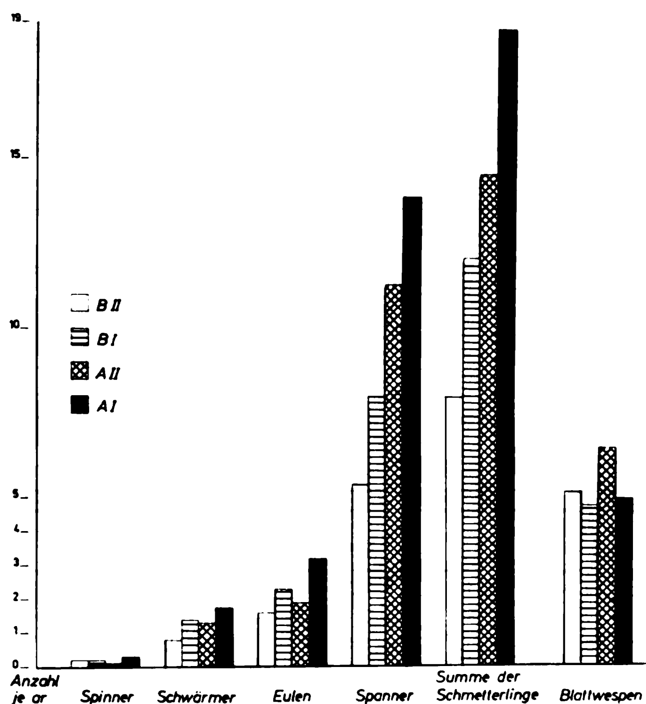



Abbildung 1
Durchschnittliche Belagsdichte der Überwinterungsstadien von Kieferngroßschädlingen in verschiedenen Bestandestypen

für die unterschiedliche Höhe des Puppenbelages spielt. Parasiten sind in den verglichenen Bestandestypen zu annähernd gleichen Anteilen vertreten, in B II sogar weniger als in A I; das Gefälle der Schädlingsdichte muß also durch andere ökologische Faktoren oder während eines anderen Entwicklungsstadiums verursacht worden sein.

Dieses Ergebnis deckt sich mit unseren früheren Erfahrungen und der Tatsache, daß die Parasiten dichteabhängig sind, ein stärkeres Auftreten also erst bei ansteigender Vermehrung der Wirtstiere zu erwarten ist. Vergleichende Untersuchungen über die Populationsdichte der Schmarotzer versprechen daher nur gelegentlich des Entstehens einer Kalamität Erfolg.

Um zu prüfen, ob und wieweit das Altersklassenverhältnis der Bestände die Verteilung der Schädlinge beeinflußt und so womöglich die Wirkung des Laubholzunterstandes aufhebt oder überdeckt, stellten wir das Material auch nach diesem Gesichtspunkt zusammen.

Für diese Erhebungen standen insgesamt 7410 qm Suchflächen zur Verfügung. Wie die nachstehende Übersicht zeigt, verteilen sie sich sehr unterschiedlich auf die jeweiligen Altersklassen und Untersuchungsvarianten, entsprechend dem ungleichmäßigen Aufbau des Reviers.

Die jüngste Altersklasse ist bei den Probesuchbeständen also nur sehr schwach vertreten, wobei auf die unterbauten Bestände hier besonders wenig Flächen entfallen. Bei den laubholzfreien Kontrollstellen fehlt die Altersklasse V. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 2
**Anteil der gesunden, parasitierten und abgestorbenen Schmetterlingspuppen und Blattwespenkokons am gesamten Fundmaterial von 1963 - 1969 in den verschiedenen Bestandestypen**

| *Schädlinge* | Belagsdichte je ar | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *gesund* | | | | *parasitiert* | | | | *abgestorben* | | | |
| | A I | A II | B I | B II | A I | A II | B I | B II | A I | A II | B I | B II |
| Spanner | 11.0 | 8.5 | 5.9 | 4.9 | 1.7 | 1.3 | 1.1 | 0.3 | 1.3 | 1.5 | 1.0 | 0.2 |
| Eule | 1.8 | 1.2 | 1.4 | 0.9 | 0.7 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 0.2 |
| Schwärmer | 0.7 | 0.7 | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 1.0 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| Blattwespe | 3.1 | 3.6 | 3.2 | 3.2 | 1.7 | 2.7 | 1.4 | 1.7 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| Summe der Schädlinge | *16.6* | *14.0* | *10.8* | *9.4* | *4.8* | *4.8* | *4.0* | *2.9* | *2.2* | *2.1* | *1.6* | *0.7* |

disponierten Typ B II mit nur 4.9. Auch von Eule und Schwärmer wurden in A I die meisten gesunden Puppen gefunden, in B II dagegen nur etwa die Hälfte. Das Gefälle in der Besatzdichte ist jedoch wieder — vermutlich infolge des geringen Vorkommens dieser beiden Schädlinge — nicht eindeutig ausgeprägt. Der Anteil gesunder Blattwespen war in allen vier Untersuchungsgruppen annähernd gleich hoch. In der Summe der Schädlinge gleichen sich die Werte aus. Entscheidend für den gradologischen Effekt ist die Tatsache, daß ausnahmslos bei allen untersuchten Insektenarten der Anteil gesunder Überwinterungsstadien in den laubholzfreien Forstorten A I und A II um ein Drittel größer ist als in den mit Laubholz unterstellten Beständen. Das Verhältnis der Mittelwerte beträgt 30.6 : 20.2. Betrachtet man die Gesamtabgänge an der Populationsdichte, so zeigt sich, daß die Parasitierung fast durchgängig bei allen Schädlingen weitaus höher ist, als die durchschnittliche Anzahl abgestorbener Tiere (Ausnahmen: Spanner in A II und Eule in A I). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich die Sterblichkeit im Freiland durch Mäuse, Vögel, Ameisen u. a. Feinde noch erhöht. Eine Aussage über die Bedeutung einzelner Mortalitätsfaktoren kann also aufgrund unserer bisherigen Erhebungen nicht gemacht werden. Dagegen zeigen die Befunde, daß der Parasitenbesatz in der Latenzzeit offenbar keine wichtige Rolle

Tabelle 3
**Verteilung der Suchflächen auf die Altersklassen in den unterschiedlich disponierten Kiefernbeständen mit und ohne Laubholz**

| Altersklasse | Jahre | Größe der Suchflächen in | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A I | A II | B I | B II | Summe |
| II | 21 — 40 | 220 | 75 | 60 | 25 | 380 |
| III | 41 — 60 | 990 | 550 | 350 | 490 | 2380 |
| IV | 61 — 80 | 275 | 145 | 465 | 1005 | 1890 |
| V | 81 — 100 | — | 265 | 280 | 1265 | 1810 |
| VI | üb. 100 | 195 | 120 | 445 | 190 | 950 |
| | Summe | 1680 | 1155 | 1600 | 2975 | 7410 |

In der jüngsten Altersklasse II (21 - 40jährig) wurden die wenigsten Schmetterlingspuppen gefunden, während umgekehrt die Anzahl der Blattwespenkokons in den Althölzern am geringsten war. Der Spanner bevorzugte die mittleren Altersklassen III (41 - 60jährig) und IV (61 - 80jährig), in der letzteren war auch die durchschnittliche Belagsdichte der Blattwespen am höchsten. Die Eule erreichte ebenfalls in IV und gleichzeitig in den über

Tabelle 4

**Vergleich der durchschnittlichen Belagsdichte je ar in den einzelnen Altersklassen der verschiedenen Bestandestypen**[2,3] †

| Alter | Spanner A I | Spanner A II | Spanner B I | Spanner B II | Eule A I | Eule A II | Eule B I | Eule B II | Schwärmer A I | Schwärmer A II | Schwärmer B I | Schwärmer B II |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 — 40 | 2.9 | 5.9 | 3.1 | 12.0 | 2.5 | 1.2 | 1.5 | 4.0 | 0.4 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 41 — 60 | 16.3 | 13.6 | 8.8 | 7.7 | △ 2.3 | 1.5 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | 1.1 |
| 61 — 80 | 12.0 | 10.3 | 9.4 | 5.7 | ■ 3.7 | 2.6 | 3.8 | 1.5 | ■ 2.7 | 0.0 | 1.9 | 1.1 |
| 81 — 100 | — | 8.6 | 10.6 | 6.1 | — | 2.1 | 2.6 | 1.2 | — | 2.1 | 1.3 | 0.7 |
| üb. 100 | 7.6 | 10.8 | 5.4 | 7.3 | 5.2 | 5.0 | 1.6 | 0.0 | 1.0 | 2.5 | 1.2 | 0.5 |

| Alter | Summe der Schmetterlinge A I | Summe der Schmetterlinge A II | Summe der Schmetterlinge B I | Summe der Schmetterlinge B II | Blattwespen A I | Blattwespen A II | Blattwespen B I | Blattwespen B II |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 — 40 | 5.8 | 8.3 | 4.6 | 16.0 | 10.0 | 1.2 | 3.1 | 8.0 |
| 41 — 60 | * 20.0 | 15.9 | 11.1 | 10.5 | △ 4.7 | 7.1 | 5.0 | 3.4 |
| 61 — 80 | * 18.4 | 12.9 | 14.1 | 8.3 | ■ 8.3 | 12.3 | 9.2 | 5.0 |
| 81 — 100 | ■ + | 12.8 | 14.5 | 8.0 | + | 6.1 | 5.2 | 5.1 |
| üb. 100 | ■ 13.8 | 18.3 | 8.2 | 7.8 | 2.9 | 0.0 | 4.3 | 3.9 |

100jährigen Beständen maximale Puppenzahlen. Die Schwankungen in der Populationsdichte sind bei ihr nur gering, nahezu gleichmäßig verteilt auf alle Altersklassen ist auch der Schwärmer (Ausnahme: Altersklasse II).

Bei der für unsere Untersuchung entscheidenden Frage nach dem Einfluß des Bestandesalters auf die Dichte der Schädlinge in den vier verschiedenen Bestandestypen ergibt sich bei Berechnung des durchschnittlichen Puppenbelages in den Altersklassen III und IV ein Gefälle, das demjenigen des Gesamtergebnisses der Probesuchen entspricht. Die Zahlen lauten für A I: 19.2, A II: 14.4, B I: 12.6, B II: 9.1. Für die Altersklasse V ist ein solcher Vergleich nicht möglich. Bei den Althölzern über 100 Jahren ist die Populationsdichte in A II am höchsten, bei der jüngsten Altersklasse (21 - 40jährig) lag das Maximum überraschenderweise in B II. Hiervon abgesehen ist der Puppenbelag im Durchschnitt bei den laubholzfreien Beständen (A I und A II) unabhängig von der Altersklasse wesentlich höher als in den mit dichtem Laubholz versehenen Forstorten B I und B II.

Hinsichtlich der Einwirkung des Bestandesalters auf die Populationsdichte der Schädlinge während der Latenzphase kann also festgestellt werden, daß — nach unseren bisherigen Erhebungen — die einzelnen Arten zwar in unterschiedlichem Umfang in den verschiedenen Altersklassen aufgetreten sind, letztere aber den entscheidenden Einfluß des Laubholzunterbaues auf die Belagsdichte nicht aufzuheben vermochten. Lediglich die nur mit sehr geringer Flächenausstattung vertretene Gruppe der jüngsten untersuchten Bestände macht eine Ausnahme. Es wäre daher interessant, die Entwicklung gerade hier in den nächsten Jahren noch weiter zu verfolgen, um vielleicht eine Erklärung für dieses Phänomen zu finden.

### Zusammenfassende Schlußbetrachtung

In den erfahrungsgemäß durch nadelfressende Raupen stark gefährdeten Kiefernwaldungen des nordbadischen Forstbezirkes Schwetzingen wurde untersucht, wie sich die Einbringung von Laubholzunterstand auf die Populationsdichte der Schädlinge während der Latenzzeit auswirkt.

Die Erhebungen erstreckten sich auf Kiefernspanner *(Bupalus piniarius L.)*, Forleule *(Panolis flammea Schiff.)*, Schwärmer *(Hyloicus pinastri L.)*, Spinner *(Dendrolimus pini L.)* und Kiefernbuschhornblattwespen *(Diprioninae)*, deren eiserner Bestand an Überwinterungsstadien in laubholzfreien und unterbauten Kiefernbeständen miteinander verglichen wurde. Innerhalb dieser beiden Gruppen ließen sich aufgrund der Reviergeschichte stark und schwach für die genannten Insekten disponierte Forstorte voneinander abgrenzen. Es zeigte sich, daß die laubholzfreien Bestände auch in der Latenzzeit eine erheblich höhere Anzahl an Schmetterlingspuppen aufweisen, als die dicht mit Laubholz unterstellten Flächen. Dabei ergab sich ein deutliches Gefälle von den laubholzfreien stark gefährdeten, also früher häufig geschädigten Forstorten A I zu den nicht disponierten, unterbauten Bestandestypen B II. Die Summen der Mittelwerte für die Belagsdichte während des gesamten 7jährigen Untersuchungszeitraumes lauten: A I: 172,9, A II: 128,3, B I: 106,1, B II:76,0 Schmetterlingspuppen je ar. (A II = ohne Laubholz, nicht disponiert, B I = mit Laubholz, disponiert.)

Dieses Gefälle wird vor allem durch den Spanner verursacht und tritt besonders deutlich in Jahren mit hoher Belagsdichte in Erscheinung. Die während der Latenzzeit in wesentlich spärlicherer Zahl vorkommenden Eulen und Schwärmer erreichten ebenfalls das Maximum des Dichtemittels in A I, das Minimum in B II, also in den extremen Bestandestypen. Die Reihenfolge der mittleren Varianten aber war umgekehrt: A II wies niedrigere Werte auf als B I, das heißt, daß die im Dispositionsgrad zum Ausdruck kommende Standortabhängigkeit bei diesen beiden Schädlingen offenbar eine größere Rolle spielt als beim Spanner. Bei den Blattwespen dagegen ließ sich keine bestimmte Tendenz erkennen. Ihre Kokons fanden sich in allen vier Untersuchungsvarianten in annähernd gleicher Anzahl und wiesen innerhalb der einzelnen Jahre recht uneinheitliche Werte auf. Dies bestätigte die in früheren Studien gemachten Erfahrungen, daß die Blattwespen weniger stark standortgebunden sind als die Schmetterlinge.

Der Besatz an frei überwinternden Parasiten und auch der Anteil parasitierter Tiere war in den laubholzunterbauten Beständen nicht wesentlich geringer als in den laubholzfreien. Das ist dadurch erklärlich, daß die Schmarotzer in hohem Maße dichteabhängig sind, eine für vergleichende Untersuchungen und statistische Auswertung geeignete Steigerung der Vermehrungsrate also erst bei Gradationen der Wirtstiere zu erwarten ist.

Da auch dem Altersklassenaufbau der Forstreviere — in Verbindung mit anderen ökologischen Faktoren — für die Anfälligkeit der Bestände erfahrungsgemäß durchaus Bedeutung zukommt, wurde untersucht, ob und wieweit er sich hier schon auf die Populationsdichte in der Latenzphase auswirkt. Dabei zeigte sich, daß die einzelnen Insektenarten zwar in den verschiedenen Altersklassen in unterschiedlicher Anzahl auftreten, insgesamt das Bestandesalter jedoch den entscheidenden Einfluß des Laubholzunterstandes nicht eliminieren konnte.

Es läßt sich somit feststellen, daß systematischer Laubholzunterbau in Kiefernbeständen die Populationsdichte der untersuchten Schädlinge in der Latenzphase bedeutend reduziert. Damit ist dem praktischen Forstmann ein wichtiges Mittel zur Dämpfung der Dichteschwankungen der in ausgedehnten Monokulturen stets bestandesgefährdenden Schadinsekten in die Hand gegeben.

**Summary**

Title of the paper: *The influence of raising hardwood under the canopy of a pine forest of the population density of pine insects.*

As historically known, the pine forest region south of Schwetzingen (Northern-Badenia, Germany) suffered during the last 150 years from periodic outbreaks of some defoliating insects. It was studied wether the population density of these pest insects during the period of latency is influenced by the presence of hardwood under the canopy of the pineforest. The following insects have been examined: *Bupalus piniarius L., Panolis flammea Schiff., Hyloicus pinastri L., Dendrolismus pini L.* and *Diprion spec.*

The number of hibernating insects in the soil of pinestands with and without underwood was compared. For both types of pinestands it was known from history, that there were as well places highly susceptible for outbreaks of the above mentioned insects as well as less susceptible sites. The counts resulted in a significantly higher population density in the soils not covered by underwood than in those covered by hardwood. There was a decreasing number of hibernating insects from those stands, known by experience for their susceptibility and not covered by hardwood (A I) to the in former times less susceptibible stands, covered with hardwood (B II). The population density were as follows (average of pupae per 100 square metres added for all seven years of this study):

A I (susceptible, no underwood) = 172.9, A II (not susceptible, no underwood) = 128.3, B I (susceptible, with underwood) = 106.1, B II (not susceptible, with underwood) = 76.0. This sequence is most significant in regard to the pinelooper *(Bupalus piniarius L.)* and as more remarkable as higher the population density raises. The population density of *Panolis flammea Schiff.* and *Hyloicus pinastri L.* in Schwetzingen during the period of latency is usually very low. Nevertheless also with those species there was a maximum in the A I-stands and a minimum in the B II, which means, in the most extreme types under observation. Only in A II and B I there were converted results, compared with *Bupalus piniarius.* The sequence in those sites follows, therefore, the frequency of outbreaks known from history. No correlation was discovered for the *Diprioninae.* Their cocoons were found in numbers not significantly different in the four types and with changing sequences from year to year. This confirmes the experience, that sawflies are less dependent on local conditions than lepidopterous insects are.

The number of soil hibernating parasites and also the number of parasited pupae was in the stands with underwood not significantly higher than in those without. This may be explained by the fact, that parasites are generally highly density dependent. Comparisons and statistical analysis will, therefore, only be possible if the population density of the host insects is increasing by occasion of a beginning outbreak.

Among the factors influencing the susceptibility of forest sites for insect gradations is — together with other ecological conditions — the age of the pine stands one of the more important prerequisites. It was, therefore, studied wether and to what degree this factor also influences the population density during the period of latency. The results showed, that on the one hand the respective insect species occur in different aged blocs in different numbers, on the other hand, howewer, there is such a predominant influence of the underwood, which overlaps the age dependent population density.

It may be concluded, therefore, that a consequent raising of underwood of hardwood in pine forests decreases the population density of the respective pine insects considerably. This offers an important method for cultural control of pest insects in large scale monocultures of coniferous trees endangered by periodic insect outbreaks. A.

**Résumé**

Titre de l'article: *Influence de l'installation d'un sous-étage de feuillus sur l'importance des attaques d'insectes dans les peuplements de pins sylvestres de la forêt du Hardt (circonscription de Schwetzingen).*

Les peuplements purs de pin sylvestre qui sont très étendus dans la circonscription forestière de Schwetzingen eurent à subir à plusieurs reprises au cours des 150 dernières années de très fortes attaques d'insectes forestiers. Le présent travail traite de la question de savoir si l'installation d'un sous-étage feuillu dans les peuplements de pins attaqués diminue la densité de la population des insectes nuisibles pendant la période de latence.

Les enquêtes ont porté sur *Bupalus pinarius L., Panolis flammea Schiff., Hyloicus pinastri L., Dendrolimus pini L.* et les lophyres du pin *(Diprioninae);* les densités des populations d'insectes nuisibles au stade hivernal, dans les peuplements avec ou sans sous-étages feuillus, ont été comparées. Il a pu être ainsi montré que dans les stations sans sous-étage feuillu le nombre de chrysalides de papillons était en moyenne nettement plus élevé que dans les stations avec sous étage feuillu. Par contre, pour les lophyres aucune différence nette n'a pu être mise en évidence. Dans les différentes conditions de l'expérience, le nombre des cocons est partout sensiblement le même, mais les variations annuelles (les observations ont porté sur 7 ans) sont très importantes.

La densité des insectes nuisibles parasités et celle de ceux qui étaient indemnés n'était pas sensiblement plus faible dans les peuplements avec sous-étage feuillu que dans les autres. Ceux-ci peut s'expliquer par le fait que, dans une large mesure, le nombre de parasites est lié à la densité de la population, et qu'ainsi, pour que des expériences comparatives et l'interprétation statistique de leurs résultats soient possibles, il faut qu'il y ait augmentation du nombre des parasites liée aux gradations de l'insecte hôte.

Bien que l'âge du peuplement tende à modifier la densité des insectes nuisibles, l'influence du sous-étage feuillu reste prépondérant et ne peut être masqué.

En résumé, il est établi que l'introduction d'un sous-étage feuillu dans les peuplements de pin sylvestre réduit considérablement la densité des insectes nuisibles étudiés pendant la période de latence. Le forestier de terrain dispose ainsi d'un moyen efficace pour amortir les variations de la densité des insectes nuisibles toujours dangereux dans le cas de plantations pures sur de grandes surfaces. J. M.

**Literatur***

Cramer, H. H.: 1962: Natürliche und künstliche Abundanzänderungen bei Kiefernınsekten. Habilitationsschrift, Freiburg. — Dempster, J. P., 1961: The analysis of data obtained by regular sampling of an insect population. Journ. anim. Ecol. 30. — Klimetzek, D. 1971: Vergleichende Studien über das Auftreten nadelfressender Kiefernraupen in Süddeutschland seit 1810. I. Schadgebiete in der Rheinpfalz. Ztschr. f. angew. Entomologie, 67 (in. lit.). — Lüdge, W., 1965: Über die ökologischen Voraussetzungen der Befallsdisposition für Kiefern-Großschädlinge in der Schwetzinger Hardt. Diss. Freiburg 1963, veröff. in: Schriftenreihe d. Forstl. Abt. d. Univ. Freiburg, 2. — Schwerdtfeger, F. 1970: Die Waldkrankheiten. Hamburg-Berlin.

* Weitere Literaturhinweise in den umfangreichen Literaturverzeichnissen der o. a. Publikationen.

# Zur Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers im oberrheinischen Tiefland mit und ohne DDT

**Herrn Prof. Dr. Dr. G. WELLENSTEIN zum 65. Geburtstag**

(Mit 6 Tabellen)

Von E. KÖNIG und H. BOGENSCHÜTZ

(Aus der Bad.-Württ. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt — Forstschutzstelle Südwest, Wittental b. Freiburg/Br.)

## 1. Einleitung

Im oberen Rheintal liegen die größten, zusammenhängenden Kiefernwaldungen des Landes Baden-Württemberg. Sie sind zum großen Teil durch Bestockungsumbau ehemaliger Eichen-Hainbuchenwälder entstanden. Die erste Umwandlungswelle setzte im Gebiet der Hardtwaldungen zwischen Rastatt und Mannheim vor etwa 200 Jahren ein (SCHEIFELE 1968). Im Trockengebiet Oberrhein zwischen Basel und Breisach wurden die Auewaldungen durch die TULLA'sche Rheinkorrektur infolge Absenkung des Grundwassers bis maximal 23 m örtlich bis zur Versteppung geschädigt. Mit dem Bestockungsumbau auf großer Fläche wurde hier etwa seit 1950 begonnen (VOGEL 1969).

Der Anbau der Kiefer war sowohl in den Hardtwaldungen auf Kies- und Sandstandorten, zum Teil mit Dünenbildung, als auch auf den nährstoffreicheren aber grundwasserfernen Böden im Trockengebiet südlich Breisach vielfach die letzte waldbauliche Möglichkeit. Mit mittleren Jahrestemperaturen von ≧ 9° C und einem jährlichen Niederschlag zwischen 555 und 700 mm liegen in diesem Gebiet die wärmsten und trockensten Standorte des Landes.

Den Umfang der derzeitigen Kiefernanbaufläche nach den Unterlagen der Forsteinrichtungsstatistik der Forstdirektionen Nord- und Südbaden zeigt Tabelle 1.

In den Beständen der I. Altersklasse (4.376 ha = 25% der Kiefernfläche) trat der Kiefernknospentriebwickler (*Rhyacionia buoliana* Den. und Schiff.) örtlich immer wieder in Massen auf, so daß mehrere Bekämpfungsaktionen nötig wurden. Dabei haben wir stets DDT oder DDT+Lindan verwendet. Mit dem absehbaren Verbot von DDT, auch für die Anwendung im Forst, geht diese Epoche zu Ende. Es soll daher ein kurzer Rückblick auf Umfang und Erfolg bisheriger Maßnahmen sowie ein Ausblick auf künftige Bekämpfungsmöglichkeiten gegeben werden.

Tabelle 1
**Kiefernanbau im oberen Rheintal**

| Forst-direktion | Waldgebiet | Kiefernfläche insgesamt ha | Kiefernfläche I. Altersklasse ha |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Nordbaden | Hardtwald | 14.300 | 3.146 |
| Südbaden | Hardtwald | 2.400 | 530 |
| | Trockengebiet Oberrhein | 830 | 700 |
| Insgesamt | | 17.530 | 4.376 |

## 2. Erfahrungen mit DDT

### 2.1 *Bisherige Bekämpfungsaktionen*

In den Jahren 1961 bis 1966 wurde der Kiefernknospentriebwickler im Oberrheingebiet auf 1447 ha (= 33% der Bestände der I. Altersklasse) bekämpft (Tab. 2).

Als Insektizid diente DDT in einer Dosierung von 3 kg/ha; nur in einem Fall wurde Lindan zugesetzt. Den Wirkstoff versprühten wir mit 35 bis 80 Ltr. Flüssigkeitsmenge/ha vom Hubschrauber (BELL 47 G 2). Mit der Verwendung von Dieselöl statt Wasser als Lösungsmittel konnten wir nicht nur die Flüssigkeitsmenge herabsetzen, sondern auch den Wirkungsgrad verbessern und die Gesamtkosten senken (Tab. 2, Sp. 6 - 9).

Tabelle 2
**Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers in der oberrheinischen Tiefebene**

| Forstamt | Bek. Zeitpunkt | Fläche ha | Wirkstoff | Dosis kg/ha | Ausbr. Menge l/ha | Lösungsmittel | W % | Gesamtkosten DM/ha |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Rastatt | 20. 6. 1961 | 67 | DDT + Lindan | 3<br>1 | 40 | Wasser | 83 | 115,72 |
| Philippsburg | 11. 3. 1964 | 70 | DDT | 3 | 80 | Wasser | 65 — 70 | 69,96 |
| Philippsburg | 22. 3. 1965 | 70 | DDT | 3 | 35 | Diesel-Öl | 85 — 95 | 61,75 |
| Breisach | 20. 3. 1965 | 214 | DDT | 3 | 35 | Diesel-Öl | 97 | 61,75 |
| Baden-Baden<br>Rastatt<br>Ettlingen<br>Karlsruhe<br>Bruchsal<br>Graben | 7. — 13. März 1966 | 1026 | DDT | 3 | 40 | Diesel-Öl | 80 — 95 | 57,83 |
| Sa. | | 1447 | | | | | | |

Die erste Aktion im Juni 1961 fand während des Falterfluges statt. Alle übrigen Einsätze erfolgten aus waldhygienischen Gründen im Frühjahr (MILLER und NEISWANDER 1955, SCHINDLER 1966). Die Frühbegiftung richtet sich gegen die wandernde Raupe auf ihrem Wege von der ausgefressenen Überwinterungsknospe zu einer geeigneten, höher gelegenen Knospe, in die sie sich unter dem Schutz eines zeltartigen Gespinstes einbohrt. Der Zeitraum vom Verlassen bis zum Einbohren in eine Knospe kann wenige Stunden bis Tage betragen. Der Bekämpfungserfolg hängt wesentlich von der Wahl des richtigen Zeitpunktes ab, denn das Insektizid muß spätestens mit dem Erscheinen der ersten Raupen versprüht werden. Die Aktionen erfordern daher eine sorgfältige biologische Überwachung.

Wie Tabelle 3 zeigt, liegt der Beginn der Wanderperiode in den einzelnen Jahren verschieden früh.

Tabelle 3
**Wandertermine der Raupen des Kiefernknospentriebwicklers**

| Jahr | Forstamt | 1. Gespinste | Höhepunkt |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1964 | Philippsburg | 6. III. | |
| 1965 | Philippsburg | 31. III. | |
| 1965 | Breisach | 31. III. | |
| 1966 | Baden-Baden | 7./8. III. | 1. IV. |
| 1966 | Badenweiler | 11. III. | |
| 1967 | Badenweiler | 16. III. | 30. III. |
| 1969 | Sulzburg | 5. IV. | |
| 1970 | Breisach | 11. IV. | 21. IV. |

Nach den bisher aus Südwestdeutschland vorliegenden Erfahrungen kann dieser Termin nicht eindeutig nach dem Temperaturverlauf vorausgesagt werden. Die Wanderphase einer Raupenpopulation dauert witterungsbedingt in jedem Jahr unterschiedlich lang (Tab. 3). Späte Raupen erscheinen bis 4 Wochen nach den ersten.

Der technische Ablauf größerer Aktionen kann durch die in der Regel wechselhafte Witterung zu dieser Jahreszeit sehr erschwert werden. Wiederholt (1964, 1965, 1966) kam es nach dem Erscheinen der ersten Raupen zu mehrwöchigen Kälteeinbrüchen mit hohen Niederschlägen, die teils als Schnee, teils als Regen fielen. Setzt dann später wieder Hochdruckwetter ein, so wird das Wandern der Raupen oft schlagartig ausgelöst. Sofern sich die Bekämpfung über ein größeres Gebiet erstreckt, ist kaum zu vermeiden, daß sich ein Teil der Raupen schon vor der Begiftung eingebohrt hat.

Aus diesem Grund haben wir im Jahre 1968 in einem Versuch geprüft, inwieweit diesen Schwierigkeiten durch Vorverlegung des Bekämpfungszeitpunktes begegnet werden kann. Das Forstamt Sulzburg stellte uns hierzu im Staatswald III/1 und 2 eine Kieferndickung mit starkem Wicklerbefall zur Verfügung und gliederte die Fläche in 11 Teilflächen zu je 0,3 ha Größe. Bei günstiger Witterung wurden am 4./5. März 3 Parzellen, am 18. März 2 Parzellen und am 8. April — nach Erscheinen der ersten Raupen— weitere 2 Parzellen behandelt. 4 unbehandelte Teilflächen dienten zur Kontrolle. Das Versprühen von 3 kg DDT/ha in 100 Ltr. Dieselöl erfolgte mit dem fahrbaren BSE-Gerät Sulfia IV.

Kurz vor und 12, 9 bzw. 7 Wochen nach der Behandlung entnahmen wir aus jeder Parzelle 50 Gipfeltriebe zur Untersuchung auf Wicklerbefall. Für jede behandelte Fläche wurde sodann der Wirkungsgrad nach SCHWERDTFEGER (1932) berechnet (Tab. 4).

Die Vorverlegung des Bekämpfungstermins bis zu 4 Wochen führte bei Verwendung von DDT-Ölspray zu keinem Leistungsabfall. Hierfür dürften folgende Gründe maßgebend sein:

- Gute Dauerwirkung des verwendeten Wirkstoffs (DDT)
- Beste Haftfähigkeit und Regenbeständigkeit bei Verwendung von Dieselöl als Lösungsmittel

Die Tatsache, daß der mittlere Wirkungsgrad bei diesem Versuch unter den Werten der in Tab. 2 zusammengestellten Bekämpfungsaktionen lag, dürfte von der Ausbringungstechnik abhängen. Die gleichmäßige Wirkstoffverteilung, wie sie beim Besprühen vom Flugzeug aus möglich ist, konnten wir mit dem BSE-Gerät nicht erzielen. Ein Besprühen der 70 x 40 m großen Parzellen war nur von den Rändern her möglich. Die Wirkstoffdosierung nahm daher zur Parzellenmitte ab. Da die Kontrollzweige aber gleichmäßig auf der ganzen Fläche entnommen wurden, drückt die Unterdosierung in der Flächenmitte den Wirkungsgrad.

### 2.2 *Auswirkung der Begiftung auf Boden und Grundwasser*

Die Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers im März 1966 berührte einige Wassereinzugsgebiete. Es war daher zu prüfen, inwieweit bei Absprühen von 3 kg DDT in 40 Ltr. Ölspray bzw. 80 Ltr. wäßriger Suspension eine Gefahr für Boden und Grundwasser besteht. Diese Untersuchungen wurden von OFR Dr. BÜTTNER † geleitet. In 6 Beständen (4 behandelten, 2 unbehandelten) entnahmen wir 2, 9, 32 und 56 Wochen nach der Bekämpfung Proben aus Streu, Humusschicht und Mineralboden in 30, 50 bzw. 100 cm Tiefe. Alter und Bestockungsgrad beeinflussen die bis zum Boden gelangende Menge des Sprühmittels entscheidend. Deshalb wählten wir für die Bodeneinschläge verschiedenartige Bestände (Tab. 5 Sp. 2).

Die DDT-Bestimmung erfolgte dünnschichtchromatographisch mit Silbernitrat/2-Phenoxyäthanol (Tab. 5). Ein Drosophila-Test diente bei den ersten beiden Untersuchungsterminen zur Kontrolle*). Bei DDT-Werten von ~ 0,1 ppm fiel dieser Test stets positiv aus. Dies zeigt allerdings, daß eine Schädigung der in Streu und Humus lebenden Kerbtiere nicht auszuschließen ist.

Unter den gegebenen Bestandes- und Bodenverhältnissen sowie bei den ausgebrachten Sprühmengen erhielten wir folgende Ergebnisse:

- Im geschlossenen Stangenholz war die Filterwirkung des Kronendachs so stark, daß mit der genannten Analysenmethode DDT-Rückstände im Boden nicht mehr nachzuweisen waren
- In Kulturen und Dickungen gelangte kein Wirkstoff in den Mineralboden; er wurde von Streu und Humus absorbiert
- Nach 32 bzw. 56 Wochen waren immer noch bis 50% der ursprünglichen Rückstandsmenge in Humus und Streu vorhanden

Bei der Ausbringung geringer Flüssigkeitsmengen aus der Luft (4 bzw. 8 ml/qm) ist eine Verunreinigung des Grundwassers weder vom Wirkstoff noch vom Trägerstoff (z. B. Dieselöl) zu befürchten. Das gleiche Ergebnis erhielt YULE (1970). Nach Bekämpfungsaktionen gegen den nordamerikanischen Tannentriebwickler (*Choristoneura fumiferana* Clemens) fand er DDT nur wenige Zoll tief im Oberboden. Auch KIRWALD (1961) konnte nach Ab-

Tabelle 4
**Spritztermin und Wirkungsgrad**

| Termin | Phaenologie (Wochen vor Raupenwanderung) | Mittlerer Wirkungsgrad (W %) |
|---|---|---|
| 1 | 2 | |
| 4./5. III. 1969 | 4 | 69,4 |
| 18. III. 1969 | 2 | 57,1 |
| 8. IV. 1969 | 0 | 65,0 |

*) Die umfangreichen Analysen hat uns freundlicherweise das Chemische Landesuntersuchungsamt Karlsruhe durchgeführt.

Tabelle 5
**DDT-Rückstände im Boden in Abhängigkeit von der Bestockung und der Zeit nach der Behandlung**

| OZ | Bestockung | Sprühflüssigkeit Art | Ltr./ha | DDT-Rückstände in ppm (mg/kg Boden) Schicht | nach 2 Wo | nach 9 Wo | nach 32 Wo | nach 56 Wo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Kie-Kultur Best.-Lücke | Wasser | 80 | Streu<br>Humus<br>Min. Bd. 30 cm | ~ 0,1<br>~ 0,1<br>0 | ~ 0,1<br>~ 0,1<br>0 | < 0,05<br>< 0,05<br>0 | < 0,05<br>< 0,05<br>0 |
| 2 | Kie-Kultur geschl. | Wasser | 80 | Streu<br>Humus<br>Min. Bd. 30 cm | ~ 0,1<br>~ 0,1<br>0 | 0<br>~ 0,1<br>0 | < 0,05<br>0<br>0 | < 0,05<br>< 0,05<br>0 |
| 3 | Kie-Kultur geschl. | unbehandelt | | Streu<br>Humus<br>Min. Bd. 30 cm | 0<br>0<br>0 | —<br>—<br>— | —<br>—<br>— | —<br>—<br>— |
| 4 | Kie-Stangenh. geschl. | Diesel-Öl | 40 | Streu<br>Humus<br>Min. Bd. 30 cm | 0<br>0<br>0 | —<br>—<br>— | —<br>—<br>— | —<br>—<br>— |
| 5 | Kie-Dickung Best.-Lücke | Diesel-Öl | 40 | Streu<br>Humus<br>Min. Bd. 30 cm | ~ 0,1<br>~ 0,1<br>0 | ~ 0,1<br>~ 0,1<br>0 | < 0,05<br>< 0,05<br>0 | < 0,05<br>< 0,05<br>0 |
| 6 | Kie-Altholz geschl. | unbehandelt | | Streu<br>Humus<br>Min. Bd. 30 cm | 0<br>0<br>0 | —<br>—<br>— | —<br>—<br>— | —<br>—<br>— |

sprühen von 30 Ltr. HCH-Ölspray zur Bekämpfung der Kleinen Fichtenblattwespe nachweisen, daß durch diese geringen Flüssigkeitsmengen weder Quellwasser noch Fließgewässer gefährdet werden. Thofern (1961) stellte in seiner Untersuchung der Boden- und Wasserbeeinflussung durch Dieselöl selbst bei Ausbringung von 300 bis 600 Ltr./ha fest, daß bereits eine geringe Nadelstreuauflage das gesamte Dieselöl absorbiert. Auf Grund dieser Ergebnisse besteht kein Grund, auf Dieselölformulierungen im Forstschutz zu verzichten.

## 3. Möglichkeiten der Bekämpfung ohne DDT

### 3.1 *Bekämpfungsversuche mit Insektiziden*

Die langanhaltende Dauer der Wirkung ist ein großer Vorteil des DDT beim Einsatz gegen viele Forstschädlinge (Großer brauner Rüsselkäfer, verschiedene Wicklerarten u. a.). Seine Persistenz birgt aber auch größte Gefahren, da das Gift über Nahrungsketten weitergegeben und in den Körpern gespeichert werden kann. In einigen Ländern ist die DDT-Anwendung aus Gründen des Umweltschutzes bereits verboten. In der Bundesrepublik ist die Zulassung für bestimmte Anwendungen im Forst — wie z. B. die Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers — zeitlich befristet. Wir müssen uns aber schon jetzt darauf einstellen, daß die Aussichten für das Auffinden eines gleichwertigen Ersatzwirkstoffes äußerst gering sind. Wenn keine Verfahren zur insektizidfreien Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers zu finden sind, werden wiederholte Bekämpfungsmaßnahmen mit weniger persistenten Wirkstoffen der Preis sein, den auch die Forstwirtschaft für einen besseren Umweltschutz zahlen muß.

Auf der Suche nach Alternativen für das DDT haben wir 1970 einige Wirkstoffe auch gegen den Kiefernknospentriebwickler im Freilandversuch geprüft. Das Ergebnis gibt zwar zu keinerlei Optimismus Anlaß, es soll aber trotzdem mitgeteilt werden, da es die ganze Problematik der Bekämpfung dieses Schädlings aufzeigt.

Eine geeignete Versuchsfläche fanden wir im Forstamt Breisach, Gemeindewald Hartheim I/13. Die 9j. Kiefernkultur von rd. 5 ha Größe wurde mit dem Eberhard'schen Rotorschneider in 23 Parzellen zu je 0,18 ha (60 x 30 m) eingeteilt. Am 10. 3. 1970 haben wir 4 Parzellen mit einem Carbamat, je 3 Flächen mit zwei verschiedenen HCH-Präparaten, je 4 Flächen mit DDT in wäßriger bzw. öliger Formulierung besprüht. Die Behandlung erfolgte mit dem BSE-Gerät Sulfia IV. 5 Teilflächen blieben zur Kontrolle unbehandelt.

Zur Prüfung des Erfolges markierten wir vor der Begiftung 50 Kiefern und ermittelten den Wicklerbesatz am längsten Trieb des obersten Quirls (Tab. 6, Sp. 5). Nach der Behandlung bestimmten wir an den gleichen Bäumen

a) Mitte Mai die frischen Gespinste an den Terminal- und Seitentrieben des obersten Quirls und berechneten den Wirkungsgrad nach Abbot (Tab. 6, Sp. 7) sowie
b) am 11. 6. den Raupenbesatz an je einem Seitentrieb aus dem obersten Quirl von jedem Kontrollbaum und leiteten den Wirkungsgrad nach Schwerdtfeger (1932) ab (Tab. 6, Sp. 8).

Zwischen Behandlung und Einsetzen der Raupenwanderung am 11. 4. lag ein Zeitraum von einem Monat. Derartige Zeitdifferenzen sind bei praktischen Bekämpfungseinsätzen in dieser Jahres-

Tabelle 6
**Wirkungsgrad verschiedener Insektizide**

| Insektizid | Dosis | Sprüh-flüssigkeit | Par-zellen | Vorkontr. | Erfolgskontrollen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | mittl. Zahl leb. Raupen | nach Anzahl Gespinste | | nach überlebenden Raupen |
| | g/ha | l/ha | | je 50 Triebe | Triebe | Wirkungsgrad in % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Promecarb | 880 | 150 l Wasser | 4 | 14,8 | 1049 | 20,3 | 10,0 |
| HCH techn. (1) (Gamma-HCH) | 140 | 150 l Wasser | 3 | 12,7 | 670 | — 5,8 | — 39,5 |
| HCH techn. (2) (Gamma-HCH) | 150 | 150 l Wasser | 3 | 22,3 | 702 | 15,8 | 22,9 |
| DDT | 3000 | 150 l Wasser | 4 | 15,3 | 937 | 54,9 | 19,7 |
| DDT | 3000 | 100 l Dieselöl | 4 | 17,5 | 994 | 64,8 | 70,4 |
| unbehandelt | — | — | 5 | 15,0 | 1182 | | |

zeit nicht ungewöhnlich. Während dieses Monats fiel an 16 Tagen 42,7 mm Niederschlag, an 8 Tagen als Schnee.

Beide Methoden der Erfolgskontrolle ergaben übereinstimmend, daß sowohl mit Promecarb und technischen HCH als auch mit der wäßrigen DDT-Suspension keine ausreichende Abtötung erzielt wurde. Erneut erreichten wir mit DDT-Ölspray das beste Ergebnis.

Die Untersuchungen werden mit weiteren handelsüblichen Präparaten fortgeführt. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob die Wirksamkeit einzelner Insektizide durch Verwendung von Dieselöl als Lösungsmittel verbessert werden kann. Selbst wenn diese Versuche Erfolg haben sollten, darf die Suche nach insektizidfreien Alternativen aus Gründen des Umweltschutzes im weitesten Sinne und der Gefahr der Entstehung giftresistenter Schädlingsstämme nicht vernachlässigt werden.

### 3.2 *Möglichkeiten der Bekämpfung ohne Insektizide*

Beim Bemühen, Insektizide aus der Schädlingsbekämpfung zurückzudrängen, finden biologische, integrierte oder harmonische Verfahren immer mehr Beachtung (Definitionen s. FRANZ 1961; VOÛTE 1970). Auf die forstliche Bedeutung dieser Verfahren wurde in den vergangenen Jahren verschiedentlich hingewiesen, und die mit ihnen erzielten Erfolge zusammengefaßt (FRANZ 1966, 1969; EICHHORN 1970).

Das Ziel aller Bekämpfungsmaßnahmen, die Sterblichkeit in Schädlingspopulationen zu erhöhen oder ihre Vermehrungskraft zu senken, wird durch Anwendung physikalischer, chemischer, biologischer oder kultureller Faktoren angestrebt. Auch zur Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers werden Maßnahmen erprobt, die sich dieser Faktoren bedienen. Die Ergebnisse der Versuche sind hier kurz zusammengestellt.

### 3.21 *Physikalische Verfahren*

Mit Licht gelingt es, Teilpopulationen von Schädlingen anzulocken. Die Konzentration der Schädlinge erlaubt eine gezielte Vernichtung an wenigen Orten. Mit ultraviolettem Licht konnten Kiefernknospentriebwickler-Weibchen angelockt werden (SCHUDER 1964). Da sie noch keine Eier abgelegt hatten, kann deren Vernichtung zu einer Senkung der Populationsdichte in der folgenden Generation führen.

### 3.22 *Chemische Verfahren*

Hier stehen nicht chemische Präparate sondern insekteneigene Stoffe zur Diskussion, die isoliert von den Schädlingen und möglichst synthetisch hergestellt Verwendung finden. Lockstoffe (Sexual- bzw. Populationslockstoffe) dienen wie das Licht zur Konzentration einer Population. Der Einsatz von Entwicklungshormonen führt zur verfrühten Verpuppung (Verpuppungshormon) oder verhindert sie ganz (Häutungshormon).

Auch der Kiefernknospentriebwickler produziert einen Sexuallockstoff. Er kann aus dem Hinterleib jungfräulicher Weibchen extrahiert werden. Die Extrakte locken Männchen aus Entfernungen bis 90 m an. Setzt man einen bestimmten chemischen Stoff zu, wirken die Köder bis zu 16 Tagen (DATERMANN und MCCOMB 1970).

Versuche mit dem Kiefernknospentriebwickler und den erfolgversprechenden Entwicklungshormonen liegen noch nicht vor.

### 3.23 *Kulturelle Verfahren*

Waldbauliche und bodenverbessernde Maßnahmen können einen bedeutenden Einfluß auf Schädlingspopulationen haben. Besonders durch Baumartenwahl und den Anbau resistenter Herkünfte sowie durch Düngung lassen sich Fraßschäden verringern oder ganz vermeiden.

29 *Pinus*-Arten kommen als Fraßpflanzen des Kiefernknospentriebwicklers vor (MILLER 1967), aber nur 7, zu denen die gemeine Kiefer *(Pinus silvestris)* und die Schwarzkiefer *(Pinus nigra)* gehören, sind für den Befall besonders disponiert (SCHRÖDER 1966). Die Disposition einer bestimmten Kiefernart kann jedoch von Standort zu Standort sehr unterschiedlich sein. Zum Beispiel waren im Steinfeld bei Wien *P. silvestris* und *P. nigra* gleich stark befallen (SCHRÖDER 1966), während sich im Trockengebiet südlich Breisach *P. nigra* als nahezu resistent erwies. Deshalb wird hier die Schwarzkiefer zum verstärkten, versuchsweisen Anbau empfohlen (LÜDGE 1968). Darüber hinaus wird im Oberrheintal, aufbauend auf das Ergebnis der Standortserkundung, ein Teil der

heutigen Kiefernfläche künftig mit anderen Baumarten bestockt werden (Douglasie, Roteiche, Spitzahorn u. a.).

Die Frage, ob ein Einfluß der Herkunft auf den Wicklerbefall besteht, untersuchte LÜDGE (1968) in einem Provenienz-Versuch. Dabei konnten keine Unterschiede nachgewiesen werden.

Durch das Aufbringen von Kunstdüngern läßt sich eine eindeutige Senkung des Wicklerbefalls erzielen (NEF 1967). Bei einem Düngeversuch im Emsland trat ein Erfolg allerdings erst nach 6 bis 7 Jahren ein (SCHINDLER und BAULE 1964). Dagegen blieben Versuche mit Müll-Düngung bisher ohne befriedigende Ergebnisse (MERKER und BÜTTNER 1959, WELLENSTEIN 1970).

### 3.24 *Biologische Verfahren*

Unter diesem Thema fassen wir alle Bekämpfungsmaßnahmen zusammen, die sich aktiver Lebewesen bedienen. Dazu gehören ebenso wie Insektenparasiten und -räuber auch Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze). Letztere versprechen in Zukunft für die Schädlingsbekämpfung zunehmend Bedeutung zu erlangen, nicht zuletzt deshalb, weil sie sich technisch wie Insektizide ausbringen lassen.

Erst in einem Fall wurde bisher der Erreger einer Pilzkrankheit des Kiefernknospentriebwicklers ermittelt (HARRIS 1960). Versuche, ihn zur biologischen Schädlingsbekämpfung zu nutzen, wurden nicht durchgeführt. Krankheitserregende Viren konnten noch nicht gefunden werden.

Der bereits zur Bekämpfung vieler Schmetterlingsarten eingesetzte *Bacillus thuringiensis* wirkt auch auf den Kiefernknospentriebwickler toxisch. Doch seiner praktischen Anwendung steht folgende Verhaltensweise im Weg: Bevor die Raupen sich in frische Knospen einbohren, errichten sie ein Gespinstzelt über sich, in das sie die mit den Sporen behafteten ersten Abbisse von den Knospenschuppen anheften. Erst tiefere und damit sporenfreie Bisse werden aufgenommen. Das die Darmvergiftung auslösende Endotoxin kommt folglich nicht zur Wirkung (POINTING 1962).

Die Verfrachtung von entomophagen Insekten gehört zu den klassischen Methoden der biologischen Schädlingsbekämpfung. Aus der langen Liste der Parasiten (Schlupfwespen und Raupenfliegen) des Kiefernknospentriebwicklers kommen dafür jedoch nur wenige Arten in Frage. Entscheidend für die Auswahl ist die Fähigkeit, im Einbürgerungsland hohe Parasitierungsprozente zu erzielen. Grundlegende Arbeit wurde geleistet, um geeignete Parasiten für die Bekämpfung des nach Nordamerika verschleppten Wicklers zu finden. Einige Arten wurden mit Erfolg eingebürgert (ARTHUR und JUILLET 1961), unter ihnen der wichtigste Raupenparasit in der Oberrheinebene: die Brackwespe *Orgilus obscurator* (Nees). Darüber hinaus wird der Kiefernknospentriebwickler heute in Nordamerika von Arten parasitiert, die in Europa nicht vorkommen. Falls sich unter ihnen leistungsstarke Gegenspieler des Wicklers befinden, sollte man bemüht sein, diese Arten in Deutschland einzubürgern. Die Suche gilt in erster Linie einem wirksamen Raupenparasiten. In der badischen Oberrheinebene erzielt der einheimische Parasitenkomplex keine nachhaltige Wirkung, weil sein bedeutendster Vertreter *(Orgilus obscurator)* durch sogenannte Clepto- und Hyperparasiten stark dezimiert wird (BOGENSCHÜTZ 1969). Diesen Arten muß der einzubürgernde Parasit überlegen sein. Ein geeignetes Nutzinsekt wurde in der nordamerikanischen Erzwespe *Hyssopus thymus* Girault gefunden. Nach gelungener Massenzucht in der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abt. Waldschuz, erfolgte 1970 eine erste Freilassung im Forstbezirk Breisach. Inwieweit die Einbürgerung gelungen ist, müssen künftige Erfolgskontrollen zeigen.

Am wirkungsvollsten wäre es, eine Insektenpopulation im Eistadium zu vernichten. Zur Bekämpfung von Eiern bieten sich die Erzwespen der Gattung *Trichogramma* an. Ihre Wirksamkeit beim Kiefernknospentriebwickler wird unterschiedlich beurteilt (ARTHUR und JUILLET 1961; FANKHÄNEL 1963; KOEHLER 1970). Für ihren Einsatz spricht ein Freilandversuch in Rußland, bei dem immerhin eine 6- bis 12fache Steigerung des Eiparasitismus erzielt werden konnte (KRUŠEV 1960).

An dieser Stelle sei eine Möglichkeit der Parasitenförderung eingefügt, die mit gleichem Recht auch unter den kulturellen Verfahren stehen könnte. Die Imagines vieler Schlupfwespen sind eifrige Blütenbesucher. Der dort aufgenommene Pollen und Nektar fördern Lebensdauer und Eiproduktion auch von Wicklerparasiten (LEIUS 1961, 1963). Hieran zeigt sich die große Bedeutung einer artenreichen Begleitflora. Darüber hinaus beherbergt sie die für viele Parasiten wichtigen Zwischenwirte. Auch dieser Gesichtspunkt ist bei Herbizideinsätzen zu bedenken.

Die Liste der Räuber des Kiefernknospentriebwicklers ist ähnlich umfangreich wie die der Parasiten. Jedoch ist weit weniger von ihnen bekannt. Versuche, sie zur Bekämpfung des Wicklers zu nutzen, liegen nicht vor.

Zu den biologischen Verfahren gehört auch die Selbstvernichtungsmethode, die sich künstlich sterilisierter Männchen bedient. Aber auch sie fand beim Kiefernknospentriebwickler noch keine Anwendung.

Von den einzelnen in diesem Abschnitt genannten Methoden kann zwar kein durchschlagender Erfolg erwartet werden, die Kombination mehrerer Verfahren aber könnte doch zu einer spürbaren Verminderung des Schädlings führen. Zum Beispiel ließ sich eine Bestandesdüngung mit Parasiten-Freilassungen verbinden.

## 4. Schlußbetrachtung

Ohne DDT gibt es zur Zeit keine befriedigende Möglichkeit, den Kiefernknospentriebwickler zu bekämpfen. Grundlegende, weitere Untersuchungen sind sowohl mit Insektiziden als auch mit biologischen Methoden im weitesten Sinne erforderlich. Am aussichtsreichsten erscheint uns eine sinnvolle Kombination der möglichen Verfahren nach dem Prinzip der integrierten Schädlingsbekämpfung. Damit würden wir auch der zunehmenden Bedeutung der Sozialfunktionen des Waldes, die speziell auch die Kiefernwaldungen im Ballungsraum des Oberrheintales zu erfüllen haben, am ehesten gerecht. In diesem Zusammenhang sind auch Untersuchungen zur Schadensschwelle als Entscheidungshilfe für die Beurteilung der Notwendigkeit von Bekämpfungsaktionen erforderlich.

## Summary

Title of the paper: *Control of Rhyacionia buoliana Den. et Schiff. with and without DDT in the Upper Rhine lowlands.*

*R. buoliana* has been controlled on 1,447 ha between 1961 and 1966 producing 65 to 97 % kill by applying 3 kg $ha^{-1}$ DDT from helicopters. Diesel oil as solvent permits application 4 weeks before caterpillar appearance in spring without loss of effectiveness.

Groundwater is not polluted by either oil or DDT, Promecarb and BHC preparations were not suitable substitutes for the persistent DDT. Other means of *R. buoliana* control by physical, chemical, mechanical and biological processes are discussed. None ist yet sufficiently developed. Trends are toward integrated control. E. F. Br.

## Résumé

Titre de l'article: *La lutte contre la tordeuse des pousses du pin sylvestre dans la plaine de la haute vallée du Rhin, avec ou sans D. D. T.*

La tordeuse des pousses du pin sylvestre, *Rhyacionia buoliana* Den et Schiff fut combattue, dans la haute vallée du Rhin, entre 1961 et 1966, sur 1 447 hectares au total en épandant l'insecticide par hélicoptère. Avec une dose de 3 kg de DDT à l'hectare le parasite fut détruit dans une proportion de 65 à 97 %. En utilisant

le gasoil comme solvant, le traitement peut être appliqué au printemps jusqu'à quatre semaines au minimum avant la migration des chenilles sans que son efficacité ne soit diminuée. La pollution de la nappe phréatique par le DDT ou le gasoil n'est pas à redouter.

Le DDT présentant une rémanence, des recherches ont été entreprises pour trouver des produits de remplacement; l'HCH et le «Promecarb» ne donnèrent pas de bons résultats.

On a discuté enfin les méthodes physiques, chimiques, sylvicoles et biologiques qui permettraient de lutter contre la tordeuse des pousses des pins sylvestres sans avoir recours aux insecticides. Aucun de ces procédés n'a été jusqu'ici suffisamment expérimenté. Pour l'avenir, il semble que les espoirs les plus sérieux peuvent être fondés sur la combinaison de ces différents procédés suivant les principes de la lutte intégrée. J. M.

Für vielseitige Unterstützung und Hilfe danken wir bestens: Reg. Chemie-Dir. Dr. Sperlich, Frau Leb.-Chem. Kottenhahn, Chemische Landesuntersuchungsanstalt, Karlsruhe; Lfm Dr. Schindler, Dr. Gelmroth, Niedersächsische Forstl. Versuchsanstalt, Göttingen; FDir Erbacher, FDir Rettich, FR Kramer, Forstdirektion Nordbaden, Karlsruhe; OFDir Huber, FR Domay, Forstdirektion Südbaden, Freiburg; OFR Kohler, ROFW Kübler, Forstamt Sulzburg; OFR Reining, ROFW Gelbke, Forstamt Breisach.

### Literatur

ARTHUR, A. P., and J. A. JUILLET (1961): The introduced parasites of the European pine shoot moth, Rhyacionia buoliana Schiff. (Lep.: Olethreutidae), with a critical evaluation of their usefullness as control agents. Can. Entomol., 43, 297-312. — BOGENSCHÜTZ, H., (1969): Interspezifische Beziehungen im Rhyacionia buoliana-Parasitenkomplex des Oberrheingebietes Z. angew. Ent., 63, 454-461. — DATERMAN, G. E., and D. McCOMB (1970): Female sex attractant for survey trapping European pine shoot moth. J. Econ. Entomol., 63, 1406-1409. — EICHHORN, O., (1970): Integrierte Schädlingsbekämpfung im Forst. Forst- und Holzwirt, 25, 409-418. — FANKHÄNEL, H., (1963): Über Einsatzversuche von Eiparasiten der Gattung Trichogramma gegen den Kiefernknospentriebwickler Rhyacionia buoliana Schiff. in den Jahren 1960-1962. Beitr. Entomol., 13, 643-652. — FRANZ J. M., (1961): Definition in der biologischen Schädlingsbekämpfung. Z. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz, 68, 321-329. — Ders., (1966): Integrierte Bekämpfung von Forstschädlingen, Nachrbl. Dt. Pflanzenschutzdienstes, 18, 97-103. — Ders., (1969): Biological control of forest pests. 6. Cong. Forestal Mundial (Madrid, 1966), 2, 1-18. — HARRIS, P., (1960): Natural mortality of the pine shoot moth, Rhyacionia buoliana (Schiff.) (Lepidoptera: Olethreutidae), in England. Canad. J. Zool., 38, 755-768. — KIRWALD, E., (1961): Schädlingsbekämpfung durch Sprühen von Dieselöl als Giftträger. AFZ, 16, 414. — KOEHLER, W., (1970): Die Rolle von Trichogramma-Arten in der Beschränkung der Populationen von Rhyacionia buoliana Schiff. Tagungsber. Dt. Akad. Landw. wiss. Berlin, 110, 177-183. — KRUŠEV, L. T., (1960): Anwendung von Trichogramma im Kampf gegen den Kieferntriebwickler (Russ.) Sborn. naučn. rabot. Inst. les. chozi., 13, 198-204. — LEIUS, K., (1961): Influence of food on fecundity and longevity of adults of Itoplectis conquisitor (Say) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Can. Entomol., 93, 773-780. — Ders., (1963): Effects of pollens on fecundity and longevity of adult Scambus buolianae (Htg.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Can. Entomol., 95, 202-207. — LÜDGE, W., (1968): Untersuchungen über die Anfälligkeit verschiedener Kiefernarten gegen den Kieferntriebwickler (Rhyacionia buoliana Schiff.) und den schwarzen Kiefernblattkäfer (Luperus pinicola Duft.). Ein Beitrag zur Resistenzforschung. Allg. Forst- u. Jagdztg., 139, 1-12. — MERKER, E., und J. BÜTTNER (1959): Die Wirkung von Mülldünger auf den Befall von Kiefernknospentriebwickler. AFZ, 14, 792. — MILLER, W. E., and NEISWANDER, R. B., (1955): Biology and Control of the European Pine Shoot Moth. Research Bull. 760, Ohio Agricultural Experiment Station, Wooster. — MILLER, W. E., (1967): The European pine shoot moth — Ecology and control in the Lake States. Forest Science Monograph, 14, 1-72. — NEF, L., (1967): Comparaison de populations de Rhyacionia buoliana Schiff. en response a une fumure minerale. XIV. IUFRO-Kongreß, München 1967, Referate V, Section 24, 650-658. — POINTING, P. J., (1962): The effectiveness of a microbial insecticide against larvae of the European pine shoot moth, Rhyacionia buoliana (Schiffermüller). J. Insect Pathol., 4, 484-486. — SCHEIFELE, M., (1968): Waldverhältnisse und Zielsetzungen in Baden-Württemberg. Holz-Zentralblatt, 94, 154-155, 189-191, 206-207. — SCHINDLER, U., und H. BAULE (1964): Forstliche Düngung und Kiefernknospentriebwicklerbefall. AFZ, 19, 534-537. — SCHINDLER, U., (1966): Erfahrungen bei der Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers. Forst- und Holzwirt, 21, 177-182. — SCHRÖDER, D., (1966): Zur Kenntnis der Systematik und Ökologie der „Evetria"-Arten (Lepid.-Tortricidae). Z. ang. Ent., 57, 333-429, und 58, 279-308. — SCHUDER, D. L., (1964): Attractiveness of blacklight traps to the European pine shoot moth, Rhyacionia buoliana (Schiff.) Proc. No. Cent. Br., Ent. Soc. Amer., 19, 24-26. — SCHWERDTFEGER, F., (1932): Die Bekämpfung der Forleule mit Calciumarsenit und Motorverstäuber in der preußischen Staatsoberförsterei Zawadzki, Oberschlesien. Z. Forst- und Jagdwesen, 64, 146-167. — THOFERN, E., (1962): Über Boden- und Wasserbeeinflussung durch Dieselöl. AFZ, 17, 214-217. — VOGEL, O., (1969): Bestockungsumbau im Trockengebiet Oberrhein. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württ., Bd. 26, Stuttgart. — VOÛTE, A. D., (1969): Integrated and harmonius control of pest-insects. Z. ang. Entomol., 63, 99-102. — WELLENSTEIN, G., (1971): Landschaftshygienische Verwertung von Siedlungsabfällen aus der Sicht des Forstmannes. Schweiz. Z. Forstwesen (im Druck). — YULE, W. N., (1970): DDT Residues in Forest Soils. Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology, 5, 139-144.

# Untersuchungen über die Brauchbarkeit von Vogelnistgeräten im Forstschutz

**Herrn Prof. Dr. Dr. G. WELLENSTEIN zum 65. Geburtstag**

(Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg.)

(Mit 3 Abbildungen und 5 Tabellen.)

Von R. LÜHL

## I. Einleitung

Unter den vielen Möglichkeiten, Vögel im Wald zu schützen und zu fördern, kommt der Ansiedlung von höhlenbrütenden Kleinvögeln mit Hilfe künstlicher Nistgeräte besondere Bedeutung zu. Die Siedlungsdichte der Meisen, unserer wichtigsten Arbeitsvögel, kann leicht auf ein Mehrfaches gesteigert werden. Die größte Zunahme ließ sich häufig beim Trauerschnäpper erreichen (PFEIFER und KEIL 1958).

Vielfach werden noch immer Nistgeräte verwendet, welche den modernen Anforderungen in bezug auf Dauerhaftigkeit, Feindsicherheit und Rentabilität nicht entsprechen. Ferner ist die räumliche Verteilung der Nistgeräte im Wald oft alles andere als geeignet, um ein schnelles Wiederfinden und kurze Arbeitswege zu sichern. Nistgeräte, die einzeln, weit verstreut und womöglich noch an unzugänglichen Orten aufgehängt werden, erfüllen ihren Zweck nur schlecht. Solange aber wenig brauchbare Nistgerättypen verwendet werden und ihre Verteilung im Walde ungünstig ist, sind Vogelschutzmaßnahmen unwirtschaftlich.

Im folgenden werden Ergebnisse aus dem ca. 3.000 ha großen Lehr- und Versuchsrevier „Schwetzinger Hardtwald" mitgeteilt. Es handelt sich um ausgedehnte Kiefernbestände mit Beimischung von Buche, Hainbuche, Linde, gelegentlich Eiche und Fichte oder mit Kiefernnaturverjüngung. Da dieser Wald wiederholt von Raupenplagen heimgesucht wurde (LÜDGE 1965), ist eine planmäßige Ansiedlung insektenvertilgender Vögel sinnvoll.

Die Untersuchungen wurden dankenswerterweise vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziell unterstützt. Ein Teil der Kontrollen der Nistgeräte wurde von

Oberamtsrat GAUSS, Forstschutzstelle Südwest in Wittental bei Freiburg, durchgeführt, wofür ihm auch an dieser Stelle gedankt sei.

## II. Prüfung von Nistgeräten

Die Versuche wurden im Jahre 1956 von Professor Dr. Dr. G. WELLENSTEIN begonnen. Bis 1965 sind ausschließlich Nisthöhlen der Firma Schwegler (siehe Abb. 1) verwendet worden. Alljährlich zunehmende Brutstörungen durch Marder und den die Höhlen aufschlagenden Großen Buntspecht gaben Anlaß zu einem Vergleichsversuch: 1966 wurden 31 Bayerische Giebelkästen DGB der Firma Grund (siehe Abb. 2) zusammen mit 62 Schwegler-Höhlen im eingezäunten Kiefernstangenholz der Abt. I 20 aufgehängt. 1970 kamen drei weitere Flächen hinzu, in denen je 12 Giebelkästen, 12 kleine (Typ 2 M) und 12 große Schwegler-Höhlen (Starenhöhlen Typ 3 S mit einem Fluglochdurchmesser von 33 mm) angebracht wurden. Insgesamt hingen zur Brutzeit 1970 656 vom Forstzoologischen Institut überwachte Nisthöhlen und zwar drei Typen (2 M, 1 B und 3 S) der Firma Schwegler sowie 67 Bayerische Giebelkästen im Schwetzinger Hardtwald.



Abbildung 1
Nisthöhle Typ 2 M
Foto: L. Horn



Abbildung 2
Bayerischer Giebelkasten
Foto: L. Horn

Die kleinen Nisthöhlen (Typ 2 M und 1 B) sind relativ leicht, lassen sich gut reinigen und werden von den Höhlenbrütern gern angenommen. Sie haben aber den schwerwiegenden Nachteil, daß sie nicht specht- und mardersicher sind. Marder wurden besonders schädlich, wenn sie es gelernt hatten, die Vorderwände auszuhängen. Das ist leicht möglich, wenn die Aluminiumplättchen am unteren Teil der Vorderwände nach mehrfachem Umbiegen brechen und dann ihre Sicherungsfunktion nicht mehr erfüllen können. Ob Marder in Schwetzingen auch dadurch Schaden verursachten, daß sie Vögel durch das Flugloch herauszogen, läßt sich nicht sicher sagen (vgl. HENZE 1966). Erheblichen Schaden richtete der Große Buntspecht bei den Schwegler-Höhlen an

a) durch Aufschlagen der Wände oder Erweiterung des Flugloches (siehe Abb. 3)
b) durch Herausholen von Jungvögeln aus dem Flugloch oder aus selbst angefertigten Öffnungen.



Abbildung 3
Vom Großen Buntspecht aufgeschlagene Nisthöhle
Foto: L. Horn

Zu a): Von Anfang März bis Ende Juni 1969 wurden von 219 kontrollierten Nisthöhlen 18 (= 8,2 %) vom Großen Buntspecht aufgeschlagen. Von November 1969 bis September 1970 wurden bei 656 Höhlen 5,2 % aller Vorderwände (34 Stück) und 6,9 % (45 Stück) der Höhlen durch Buntspechtschäden unbrauchbar. Solche Schäden verursachen einmal hohe Kosten an Material (Beschaffung neuer Nisthöhlen und Vorderwände) und Zeit (Verteilen im Wald und Aufhängen); sie bedeuten außerdem meistens die Vernichtung der betreffenden Bruten; denn die Höhlen werden am häufigsten während der Brutzeit aufgeschlagen.

1969 wurden nur in 4 von 10 Versuchsflächen, in denen Nisthöhlen hingen, Buntspechtschäden festgestellt, obwohl Spechte in allen 10 Versuchsflächen regelmäßig beobachtet wurden und z. T. dort brüteten. Nicht alle Spechte schlagen Höhlen auf, um an die Jungvögel zu gelangen. Offenbar tun das nur einige „Spezialisten", die zufällig positive Erfahrungen gemacht haben.

Der Specht schläft gern in den Nisthöhlen. Er scheint aber die Schlafhöhlen oft zu wechseln, wodurch häufig gleich mehrere Höhlen in der näheren Umgebung von ihm „bearbeitet" und dadurch für die Kleinvögel unbrauchbar werden.

An den Bayerischen Giebelkästen wurden dagegen während der Jahre 1969 und 1970 keinerlei Schäden festgestellt. Bei neuen

Kästen ist aber vor dem Aufhängen unbedingt darauf zu achten, daß der Holzbeton einige Monate abgetrocknet ist.

Zu b): Viel schwerer kann man sich, besonders ohne regelmäßige Zwischenkontrollen, ein Bild von dem Schaden machen, den Spechte dadurch anrichten, daß sie die Jungen höhlenbrütender Kleinvögel direkt aus dem Flugloch herausziehen. Trotz großen Zeitaufwandes ist es mir nicht gelungen, diese Art des Nahrungserwerbs zu beobachten; aber es besteht kein Zweifel daran, was auch LÖHRL (briefl. Mitt.) bestätigt. Neunmal habe ich gesehen, daß Spechte ihren Kopf durch das Flugloch steckten: In diesen Fällen waren sie allerdings erfolglos. Meist wurde der Specht von mehreren Trauerschnäppern heftig angegriffen und vertrieben. Alle sofort hinterher vorgenommenen Nisthöhlenkontrollen ergaben, daß die Nester entweder sehr flach waren oder die Jungvögel sich stark ans Nest drückten.

In mindestens 5 Nisthöhlen verschwanden ein bis alle Jungvögel aus Nestern, für deren Entwenden mit größter Wahrscheinlichkeit nur der Buntspecht in Frage kommt. In zwei anderen Versuchsflächen mit je 36 Nisthöhlen fehlten zusammen 53 Jungvögel. Hier konnte aber Nestplünderung durch Menschen in einigen Fällen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Beim Bayerischen Giebelkasten ist wegen des großen Vorbaus das Herausholen von Jungvögeln durch das Flugloch weder dem Marder noch dem Specht möglich.

Nistgeräten aus Schwerbeton wird eine geringe Wärmedämmfähigkeit und damit zusammenhängend die Gefahr der Bildung von Kondenswasser vorgeworfen (LÖHRL 1968, vgl. aber HUSS 1967). Die Bayerischen Giebelkästen bestehen aus Holzbeton mit großem Betonanteil; ihr Innenraum war gelegentlich etwas feucht; es konnte jedoch bisher keine nachteilige Wirkung auf die Vogelbruten festgestellt werden. Um die angeschnittene Frage unter extremen Bedingungen zu prüfen, wurde im Herbst 1970 ein Versuch mit Schwegler-Höhlen und Bayerischen Giebelkästen in einem feuchten Tal des Hochschwarzwaldes (1265 mm Jahresniederschlag) angelegt.

Aus Tab. 1 ist am Beispiel des Jahres 1969 Häufigkeit und Bruterfolg der in verschieden alten Kiefernbeständen des Versuchsgebietes vorkommenden Höhlenbrüter zu ersehen. Der Trauerschnäpper steht an erster Stelle, mit Abstand folgen Kohlmeise und Feldsperling; die anderen Meisenarten spielen mit zusammen 10,7 % eine untergeordnete Rolle.

Dieses schon von WELLENSTEIN in den vorhergehenden Jahren gefundene Artenspektrum (WELLENSTEIN 1968 S. 47) weicht grundlegend ab von den Mitteilungen FREIBERGERS: „In der Hardt sind von 100 Nisthöhlen, die von Meisenarten besetzt sind, 40 von Kohlmeisen, 35 von Blaumeisen, 20 von Sumpfmeisen und nur 5 von Haubenmeisen besetzt. Die Tannenmeise brütet dort überhaupt nicht ...“ (FREIBERGER 1927 S. 61).

Bemerkenswert in Tab. 1 ist ferner die witterungsbedingt hohe Sterblichkeit des Trauerschnäppers im Gegensatz zu jener der übrigen höhlenbrütenden Kleinvögel.

Tab. 2 zeigt die Bebrütungsfrequenz der Höhlen und Giebelkästen in fünf aufeinanderfolgenden Jahren. Die Meisen bevorzugen den Giebelkasten; dieses Ergebnis ist nach dem $\chi^2$-Test hoch signifikant. Trauerschnäpper und Feldsperlinge brüten lieber in den Schwegler-Höhlen. Der Hundertsatz leerer Nistgeräte war bei den Giebelkästen zunächst größer, in den letzten beiden Jahren aber geringer als bei den Schwegler-Höhlen.

Um fehlerhafte Aussagen zu vermeiden, die sich daraus ergeben könnten, daß die Wahlversuche bei Nistgeräten nur in einer Abteilung mit stadtnaher Lage durchgeführt wurden, sind, wie schon berichtet, 1970 noch drei weitere Versuchsflächen eingerichtet worden. In diesen wurden abwechselnd drei Nistgeräte aufgehängt. Die Ergebnisse zeigt Tab. 3; sie entsprechen im wesentlichen den Verhältnissen in Tab. 2. Der große Brutraum des Nisthöhlentyps 3 S ließ einen hohen Besatz an Meisen erwarten, was sich aber nicht bestätigte (vgl. Tab. 3). Erst wenn man alle 113 Höhlen

Tabelle 1
**Brutergebnisse von 208 Nisthöhlen (1969)**

| Vogelart | Gesamtbrutenzahl | | ausgeflogen | | tot | | gestört | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | absolut | % | absolut | % | absolut | % | absolut | % |
| | 234 | 100 | 139 | 59,4 | 34 | 14,5 | 61 | 26,1 |
| Trauerschnäpper | 92 | 39,3 | 25,5 | 10,9 | 31 | 13,2 | 35,5 | 15,2 |
| Kohlmeise | 60 | 25,6 | 51 | 21,8 | 1 | 0,4 | 8 | 3,4 |
| Feldsperling | 57 | 24,4 | 42,5 | 18,2 | 2 | 0,9 | 12,5 | 5,3 |
| Tannenmeise | 10 | 4,3 | 9 | 3,8 | — | — | 1 | 0,4 |
| Blaumeise | 9 | 3,8 | 6 | 2,6 | — | — | 3 | 1,3 |
| Sumpfmeise | 4 | 1,7 | 3 | 1,3 | — | — | 1 | 0,4 |
| Haubenmeise | 2 | 0,9 | 2 | 0,9 | — | — | — | — |

Tabelle 2
**Ausgeflogene Bruten in Abt. I 20**

| Jahr | Zahl der vorhandenen Nistgeräte: Höhlen 2 M | Kästen | Meisen: Höhlen abs. | % | Kästen abs. | % | Trauerschnäpper: Höhlen abs. | % | Kästen abs. | % | Feldsperling: Höhlen abs. | % | Kästen abs. | % | leere Nistgeräte: Höhlen abs. | % | Kästen abs. | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1966 | 62 | 29 | 7 | 11,3 | 7 | 24,1 | 44 | 71,0 | 14 | 48,3 | 1 | 1,6 | — | — | 12 | 19,4 | 8 | 27,6 |
| 1967 | 62 | 29 | 19 | 30,6 | 16 | 55,2 | 34 | 54,8 | 9 | 31,0 | 6 | 9,7 | — | — | 5 | 8,1 | 4 | 13,8 |
| 1968 | 62 | 29 | 9 | 14,5 | 22 | 75,9 | 31 | 50,0 | 8 | 27,6 | 24 | 38,7 | 1 | 3,4 | 3 | 4,8 | 2 | 6,9 |
| 1969 | 60 | 27 | 9 | 15,0 | 17 | 63,0 | 23 | 38,3 | 7 | 25,9 | 18 | 30,0 | — | — | 12 | 20,0 | 5 | 18,5 |
| 1970 | 58 | 29 | 11 | 19,0 | 19 | 65,5 | 23 | 39,7 | 8 | 27,6 | 16 | 27,6 | 3 | 10,3 | 8 | 13,8 | 3 | 10,3 |
| zusam. | 304 | 143 | 55 | 18,1 | 81 | 56,6 | 155 | 51,0 | 46 | 32,2 | 65 | 21,4 | 4 | 2,8 | 40 | 13,2 | 22 | 15,4 |

(Wegen der Mehrfachbruten in einem Nistgerät ergibt sich bei der Addition der Prozentzahlen in der Quersumme eine von 100 % abweichende Zahl. Zwei Bruten, die hier dem Trauerschnäpper zugerechnet wurden, waren vom Gartenrotschwanz.)

Tabelle 3
**Zahl der Bruten in 3 Nistgerättypen auf 3 neu angelegten Versuchsflächen (1970)**

| Nistgerät Typ | Anzahl | Meisen * abs | Meisen * % | Trauerschnäpper abs | Trauerschnäpper % | Sperling abs | Sperling % | Wespe abs | Wespe % | leer abs | leer % | aufgeschlagen abs | aufgeschlagen % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Höhle 2 M | 36 | 6 | 16,7 | 13 | 36,1 | 4 | 11,1 | 1 | 2,8 | 8 | 22,2 | 5 | 13,9 |
| Höhle 3 S | 36 | 4 | 11,1 | 21 | 58,3 | 5 | 13,9 | — | — | 7 | 19,4 | — | — |
| Giebelkasten | 36 | 16 | 44,4 | 6 | 16,7 | 1 | 2,8 | 1 | 2,8 | 13 | 36,1 | — | — |

*) Unter den Meisen befindet sich eine Kleiberbrut.

dieses Typs, die im Versuchsrevier hängen, in die Auswertung einbezieht, waren 38 (= 33,6%) im Jahre 1970 von Meisen besetzt. Leider erwies sich aber auch diese Schwegler-Höhle als nicht spechtsicher.

In den Jahren 1966 - 70 wurden in 179 Giebelkästen 97 Meisenbruten (81 in Tab. 2, 16 in Tab. 3 angeführt) festgestellt; das sind 54,2% Meisenbruten in Kästen. Im gleichen Zeitraum erfolgten in 548 Höhlen des Typs 2 M 146 Meisenbruten (= 26,6%). Mißt man die Eignung des Nistgerätes an dem Bebrütungserfolg, so unterscheiden sich die Höhlentypen 2 M und 3 S nur gering zugunsten der Höhle mit der größeren Brutmulde (3 S); beide sind aber dem Bayerischen Giebelkasten deutlich unterlegen (vgl. Tab. 4).

Tabelle 4
**Zahl der erfolgreichen Bruten und „leeren" Nistgeräte (unter Berücksichtigung der leeren bzw. aufgeschlagenen Geräte und der Doppelbruten, 1970)**

| Typ | Höhle 2 M abs. | Höhle 2 M % | Höhle 3 S abs. | Höhle 3 S % | Giebelkasten abs. | Giebelkasten % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Nistgeräte | 98 | 100 | 113 | 100 | 65 | 100 |
| alle Bruten | 73 | | 87 | | 53 | |
| mithin blieben „leer" | 25 | 25,5 | 26 | 23,0 | 12 | 18,5 |

Unter den im Revier heimischen Höhlenbrütern sind die Meisen wegen ihrer relativ hohen Vermehrungspotenz (Kohl- und Blaumeisen: meist 2 Bruten im Jahr) und ihrer ganzjährigen Standorttreue für den Forstschutz bedeutsamer als der schon Ende Juni wegziehende Trauerschnäpper und der an Feldnähe gebundene Feldsperling. Eine Förderung der kleineren Meisenarten (Tannen-, Blau- und Sumpfmeise) durch vermehrtes Aufhängen von Höhlen mit einem Flugloch-Durchmesser von 27 mm scheint nicht sinnvoll, da 30 von 39 dieser Höhlen (= 76,9%) leer blieben.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei unseren Versuchen im Schwetzinger Hardtwald der Bayerische Giebelkasten bei gleichem Anschaffungspreis durch seine unbedingte Sicherheit gegen Marder und Specht, aber auch durch seinen hohen Prozentsatz an Meisenbruten den anderen Nistgeräten überlegen war.

Tabelle 5
**Fledermausbestand in den Nistgeräten**

| Jahr | Anzahl Nistgeräte | Anzahl Fledermäuse |
|---|---|---|
| 1963 | 678 | 48 |
| 1964 | 777 | 50 |
| 1965 | 862 | 63 |
| 1966 | 952 | 25 |
| 1967 | 945 | 60 |
| 1968 | 899 | 71 |
| 1969 | 939 | 54 |
| 1970 | 723 | 79 |

Der Anteil an leeren Nistgeräten ließe sich durch ein geringeres Angebot bzw. Verteilung auf größerer Fläche noch senken. Darauf wurde bei unseren Versuchen bewußt verzichtet, weil hier starke Konkurrenz erwünscht war.

Über die sehr nützlichen Fledermäuse ist zu sagen, daß ihr Bestand seit dem Jahre 1963 langsam angewachsen ist (siehe Tab. 5). Wegen zu geringer Zahlen konnte nicht festgestellt werden, ob Höhlen oder Kästen bevorzugt werden. In den speziellen Fledermaushöhlen nach Dr. Issel (tiefes Einschlupfloch) sind in Schwetzingen nie Fledermäuse angetroffen worden.

Zum Schluß sei die Frage erörtert, ob eine Vogelansiedlung in Schwerpunkten oder in Reihen effektiver ist. Wir haben die Erfahrung gemacht, daß 25 bzw. 36 Nisthöhlen, die in 1 ha großen Schwerpunkten aufgehängt sind, zu einem hohen Prozentsatz angenommen werden: 1969 und 1970 waren von 349 Nistgeräten 314 (= 90,0%) besetzt. Die Verteilung der einzelnen Vogelarten auf die Nistgeräte zeigte auch deutlich, daß gleiche Arten freiwillig dicht nebeneinander ihre Jungen aufziehen (Bruns 1963, vgl. aber Henze 1968). So brüteten zu derselben Zeit drei Tannenmeisen in Höhlen, die räumlich auf einem Kreisbogen lagen; die Entfernung von der mittleren zu den äußeren Höhlen betrug 17,5 bzw. 35,5 m. In einem anderen Fall (bei der zweiten Brut mit vielen leeren Nisthöhlen) bezogen drei Kohlmeisenpaare Höhlen, die im Gelände ein Dreieck bildeten, dessen Eckpunkte 9,8 m, 22,6 m und 22,2 m voneinander entfernt waren. Der Abstand zu einer vierten Höhle, in der gleichzeitig eine Kohlmeise brütete, betrug 25,8 m. Auch vom Trauerschnäpper ließen sich viele solcher Beispiele geben.

Trotz der guten Ergebnisse mit Schwerpunktansiedlungen sind wir in Schwetzingen mehr und mehr dazu übergegangen, die Nistgeräte an Schneisen und Wegen entlang aufzuhängen. Das Unterholz ist nämlich mittlerweile so hoch geworden, daß es beim Aufhängen und Reinigen der Nistgeräte hinderlich ist.

### III. Zusammenfassung

Bei der Ansiedlung insektenvertilgender Kleinvögel spielt die Rentabilität eine große Rolle. Aus diesem Grunde wurden vier Nistgeräte geprüft. Die Ergebnisse sind folgende:

1) Bei den Nisthöhlen der Firma Schwegler tritt jedes Jahr erheblicher Schaden durch den Großen Buntspecht auf, weil der Holzbeton zu weich ist. In der Brutsaison 1969 hat der Specht 8,2% der Höhlen aufgeschlagen. Von November 1969 bis September 1970 wurden 5,2% aller Vorderwände und 6,9% der Höhlen durch Buntspechte unbrauchbar. Außerdem begünstigen diese Nisthöhlen hohe Brutverluste, da der Specht die Nestlinge durch das Flugloch oder durch eigens dazu hergestellte Öffnungen herausholt.

2) Der Bayerische Giebelkasten der Firma Grund hat sich demgegenüber als spechtsicher erwiesen, sofern er vor dem Aufhängen gut ausgetrocknet ist. Dieser Kastentyp wurde von Meisen weitaus bevorzugt. Bisher sind keine Brutverluste durch Kondenswasser festgestellt worden.

3) 1 ha große Schwerpunktansiedlungen mit 25 oder 36 Nistgeräten haben sich gut bewährt. Bei starkem Unterholz empfiehlt

sich aber aus arbeitstechnischen Gründen das Aufhängen der Nistgeräte entlang von Wegen und Schneisen.


### Summary

The costs of bird protection must not outweigh the benefits gained thereby. For this reason four types of birdhouses have been tested. The results are as follows:

1) Every year considerable damage is found in the birdhouses of the Schwegler firm due to the activity of the Great Spotted Woodpecker, because the material (a mixture of sawdust and concrete) is too soft. In the breeding season of 1969 the woodpecker made holes in 8.2% of the birdhouses. From November 1969 to September 1970 5.2% of all front sections and 6.9% of the nesting-boxes were rendered useless by the woodpecker. He is also responsible for a large number of losses among small birds as he removes fledgelings through the entrance of the birdhouses or through openings which he has made himself.

2) The gabled Bavarian birdhouse (Bayerischer Giebelkasten) of the Grund firm has proven to be safe from the attacks of the woodpecker. New houses of this type must however be thoroughly dried before they are hung. Moreover the Bavarian birdhouse is much preferred by the tits. Up to this point no brood losses have been determined as a result of condensation.

3) The placing of 25 or 36 birdhouses in a concentrated area of 100 square meters has proved successful. In heavy underbush however the hanging of the nesting-boxes along paths and small clearings is recommendable for technical reasons. A.

### Résumé

Dans le peuplement de petits oiseaux insectivores la rentabilité de la protection joue un rôle important. C'est pourquoi on a examiné quatre genres de nichoirs. Les résultats sont les suivants:

1) Les nichoirs de la maison Schwegler ont chaque année des dégâts considérables provoqués par le Pic épeiche car la matière dont ils sont faits (des panneaux de fibres de bois additionnés de ciment) est trop peu résistante. Pendant la saison de fonte en 1969, 8,2% des nichoirs furent troués par le Pic. A partir de novembre 1969 jusqu'en septembre 1970, 5,2% de tous les murs frontaux et 6,9% des nichoirs furent rendus inutilisables. De plus, ces nichoirs favorisent de grandes pertes de ponte chez les petits oiseaux, car le Pic enlève leurs petits par le trou d'envol ou par des trous faits par lui-même.

2) Le nichoir à pignon bavarois de la maison Grund par contre s'est montré sûr contre le Pic dans la mesure où les boites étaient bien sèches avant d'être pendues. Les mésanges préfèrent de loin ce type de nid. Jusqu'à présent, on n'a pas constaté de pertes de ponte dues à l'eau de condensation.

3) Le placement de 25 ou 36 nichoirs dans des régions d'une étendue d'un hectare eut des résultats favorables. Là où il y a du sous-bois épais il serait pourtant recommandable de les installer le long des chemins et des laies pour des raisons techniques.

A.


### IV. Literatur


Bruns, H. (1959): Siedlungsbiologische Untersuchungen in einförmigen Kiefernwäldern. — Biol. Abh. H. 22/23. — Ders. (1963): Zwei Kohlmeisenbruten (Parus major) zur gleichen Zeit am gleichen Baum. — Orn. Mitt 15, 87-88. — Dornbusch, O. (1967): Zur Vergleichbarkeit von Prozentangaben bei Untersuchungen zur Siedlungs- und Brutdichte der Vögel. — Angew. Orn. 2, 187-188. — Eichhorn, O. (1970): Integrierte Schädlingsbekämpfung. — Der Forst- und Holzwirt 25, 409-418. — Freiberger, W. (1926; 1927): Zur Vogelschutzfrage, insbesondere zur wissenschaftlichen Begründung des wirtschaftlichen Vogelschutzes. — Allg. Forst- u. Jagdzeitung 102, 425-430; 103, 19-30, 49-63, 92-115. — Henze, O. (1943): Vogelschutz gegen Insektenschaden in der Forstwirtschaft. — Verlag F. Bruckmann, München. — Ders. (1966): Marderschäden an höhlenbrütenden Singvögeln des Waldes. — Allg. Forstzeitschrift, München, 21, 358-360. — Ders. (1968): Höhlenbrütende Singvögel des Waldes wollen nicht zu nahe beieinander brüten. — Allg. Forstzeitschrift, München, 23, 817-819. — Huss, K. (1967): 12 Jahre Erfahrungen mit Nisthöhlen aus Schwerbeton. — Angew. Orn. 2, 182-187. — Löhrl, H. (1968): Zu: Nisthöhlen aus Schwerbeton. — Angew. Orn. 3, 29. — Lüdge, W. (1965): Über die ökologischen Voraussetzungen der Disposition von Kiefernwäldern für Insekten-Großschädlinge. — Schriftenreihe d. Forstl. Abtg. d. Univ. Freiburg/Br. 2, Bayer. Landw. Verlag GmbH, München. — Pfeifer, S. u. Keil, W. (1958): Versuche zur Steigerung der Siedlungsdichte höhlen- und freibrütender Vogelarten und ernährungsbiologische Untersuchungen an Nestlingen einiger Singvogelarten in einem Schadgebiet des Eichenwicklers (Tortrix viridana L.) im Osten von Frankfurt am Main. — Biol. Abh. H. 15/16. — Ders. (1962): Taschenbuch für Vogelschutz. — Wilhelm Limpert-Verlag Frankfurt am Main, Wien. — Schwerdtfeger, F. (1970): Die Waldkrankheiten. — Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin, S. 387-391. — Staude, J. (1967): Wirtschaftlicher Vogelschutz aus der Sicht der Forstwirtschaft. — Deutscher Bund für Vogelschutz e. V., Jahresheft, S. 23-27. — Wellenstein, G. (1968): Weitere Ergebnisse über die Auswirkungen einer planmäßigen Ansiedlung von Waldameisen und höhlenbrütenden Vögeln im Lehr- und Versuchsrevier Schwetzingen. — Angew. Orn. 3, 40-53.


# Ermittlung des Anteils schwerer Stammverkrümmungen durch Kieferntriebwickler in Kiefernbeständen der badischen Rheinebene*)


Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg i. Br.


Herrn Prof. Dr. Dr. G. WELLENSTEIN zum 65. Geburtstag

(Mit 1 Foto, 2 Abbildungen und 4 Tabellen)


Von Gerhard Maier


### Inhaltsverzeichnis



### I. Einleitung

Die Raupen der Kiefernwickler, insbesondere des Posthornwicklers (*Rhyacionia buoliana* Schiff.), verursachen durch ihren


*) Durchgeführt mit Förderungszuschuß des Ministeriums für ELWF Stuttgart

Fraß Verluste am Höhenzuwachs und eine Qualitätsminderung (1, 3, 7, 9). Diese Schäden sind in großen Kiefernkulturen häufig (z. B. Marchfeld bei Wien, Oberrheinebene, Emsland). Nach Kanada verschleppt, hat der Posthornwickler auch die dort heimischen Kiefernarten befallen. Das Ausmaß der Schädigungen im Kiefern-Aufforstungsgebiet zwischen Breisach und Lörrach, wo bis zu 97 % aller Knospenstände des obersten Quirls mit Raupen besetzt sind, beunruhigt die Waldbesitzer, so daß immer häufiger eine Flächenbegiftung zur Abwendung des Schadens gefordert wird (4). Neben betriebswirtschaftlichen Überlegungen sprechen gegen solche Maßnahmen, besonders in unmittelbarer Nähe des Rheines, hygienische Bedenken.

Cramer (3) weist darauf hin, daß eine Begiftung nur empfohlen werden kann, wenn sie im Vergleich zu allen anderen Möglichkeiten — einschließlich dem Entschluß, gar nichts zu tun — das geringere Übel darstellt. Da eine Düngung mit Müllkomposten, organischen Präparaten und Mineraldüngern nach bisherigen Untersuchungen keine entscheidende Minderung der Schäden gebracht hat (5, 6, 11) und auch von dem Masseneinsatz aus Kanada eingeführter Parasiten des Posthornwicklers nicht viel zu erwarten ist (2), sollte einmal der Frage nachgegangen werden, in welchem Rahmen sich die Schäden bei normaler Bestandespflege bewegen. Einige Anhaltspunkte hierfür finden sich bei Cramer (3), der für verschiedene, aber stets gleichbleibende Befallsstufen auf Grund rein theoretischer Überlegungen den prozentualen Anteil ungeschädigter Kiefern in Abhängigkeit von Alter und Ertragsklasse errechnet hat. Da die Populationsdichte der Triebwickler jedoch von Jahr zu Jahr wechselt, müssen diese Zahlen für eine ökonomisch fundierte Entscheidung über evtl. zu ergreifende Maßnahmen überprüft werden. Eine solche Untersuchung am Objekt berücksichtigt gleichzeitig, daß sich leichtere Schäden im Laufe der Jahre verwachsen. Aus diesen Gründen haben wir auf verschiedenen Standorten zwischen Lörrach und Mannheim in unterschiedlich alten Beständen ermittelt, wieviel Prozent der herrschenden bis mitherrschenden Kiefern durch Triebwickler entwertet sind und in welcher Höhe über dem Boden die Schadstelle sitzt.

Die Studie geht auf eine Anregung von Herrn Prof. Dr. Dr. G. Wellenstein zurück, dem ich für zahlreiche Bearbeitungshinweise dankbar bin.

## II. Material und Methode

### 1. *Auswahl der Bestände*

Die Untersuchungen wurden in den Forstbezirken Badenweiler (Gem.-Wald Neuenburg, Hügelsheim, Zienken), Breisach (Stadtwald Breisach, Gem.-Wald Hartheim, Bremgarten) und Schwetzingen (Staatswald, Gem.-Wald Oftersheim) durchgeführt. Die Boden- und Standortsverhältnisse sind in den genannten Gebieten z. T. recht verschieden. Besonders ist darauf hinzuweisen, daß der Oberboden auf den untersuchten Standorten zwischen Breisach und Badenweiler kalkhaltig ist und aus alluvialen, mit Kiesbänken durchzogenen, feinkörnigen Ablagerungen besteht, während zwischen Rastatt und Schwetzingen diluviale Sandböden vorherrschen.

Ein gemeinsamer Faktor ist jedoch vorhanden: der Mangel an Wasser. In allen Fällen ist das Grundwasser für die jüngeren Kiefern nicht erreichbar.

Die einzelnen Bestände wurden unter Berücksichtigung des Alters, der Flächengröße und Homogenität ausgewählt. Bezüglich dieser Kriterien sind die Verhältnisse in Nordbaden und Südbaden stark unterschiedlich. In der Rheinebene Südbadens erstrecken sich ausgedehnte Kiefernkulturen und -dickungen bis zu einem Alter von 20 Jahren, die 20 - 40jährigen Bestände sind nur gering vertreten, weisen aber mit 1 - 3 ha noch Flächengrößen auf, die für die Untersuchung ausreichen. Die ältesten Kiefernanpflanzungen liegen hier in der III. Altersklasse; es handelt sich um sehr kleine Flächen, so daß man besser von „Vorwuchshorsten" spricht. Diese sind zum Teil verlichtet, und über die Nutzungen während der Kriegsjahre in den damals 10 - 30jährigen Dickungen ist wenig bekannt. Aus diesen Gründen sind die Vorwuchshorste nicht repräsentativ; sie wurden deshalb in der Untersuchung getrennt betrachtet. Der Auswahl geeigneter Bestände waren somit in Südbaden enge Grenzen gesetzt. Dagegen sind im Forstbezirk Schwetzingen in allen Altersklassen auf großen Flächen Bestände vorhanden, die in die Untersuchung einbezogen werden konnten. Um eine Vergleichsmöglichkeit mit Südbaden zu haben, wurden jedoch nur Bestände bis zum Alter 60 untersucht.

### 2. *Aufnahmeverfahren*

Bei den kleinen Vorwuchshorsten südlich von Breisach war wegen der geringen Stammzahlen nur eine Vollaufnahme sinnvoll. In den jüngeren Beständen Südbadens und in sämtlichen Nordbadens wurde ein Stichprobenverfahren angewendet. Um eine statistische Überprüfung der Ergebnisse zu ermöglichen, habe ich Gruppen von jeweils 20 Kiefern aufgenommen; diese waren gleichmäßig über den Untersuchungsbestand verteilt. Der Stichprobenumfang variierte mit der Flächengröße; in größeren Beständen wurden 50 Gruppen = 1000 Bäume als ausreichend betrachtet.

### 3. *Auswahl der Bäume und Stammzahl/ha*

Als Kriterium für die Auswahl der Bäume diente ihre soziologische Stellung. Der Vergleichbarkeit wegen habe ich nur Kiefern der Kraft'schen Baumklassen I - III (vorherrschend, herrschend, mitherrschend), die den späteren Bestand bilden, in die Untersuchung einbezogen.

Um einen groben Anhaltspunkt über die Stammzahlen/ha in den untersuchten soziologischen Klassen zu erhalten, wurden in einigen Beständen verschiedenen Alters Quadrate von 100 qm abgesteckt und die untersuchten Bäume ausgezählt. Für 18 - 22-jährige Bestände wurde auf diese Weise je Hektar eine Stammzahl von 4200 - 3600, im Mittel 3900 festgestellt. Ab Alter 25 diente die Ertragstafel von Wiedemann (Hilfstabelle für die Forsteinrichtung der Bad.-Württ. Landesforstverwaltung) zum Vergleich. Es zeigte sich, daß die Stammzahlen in den untersuchten soziologischen Klassen bei 0,6 - 0,9, im Mittel bei 0,7 der Stammzahlen der Ertragstafel liegen.

### 4. *Krümmungsgrade*

Je nach dem Verwendungszweck eines Stammes hat der Grad der Verkrümmung einen mehr oder weniger großen Einfluß auf seine Entwertung. Deshalb wurde eine Differenzierung in drei Krümmungsgrade vorgenommen:

P = Posthorn. Damit wurden starke Abweichungen von der Schaftmittellinie bezeichnet, wobei der Schaft oberhalb der Schadstelle die verlängerte, ursprüngliche Mittellinie fortführt.

B = Bajonett. Damit wurden Verkrümmungen bezeichnet, bei welchen die Schaftmittellinien unterhalb und oberhalb der Schadstelle seitlich versetzt sind.

Z + W = Zwiesel und Wipfelbruch oder -ausfall (vgl. Abb. 1).

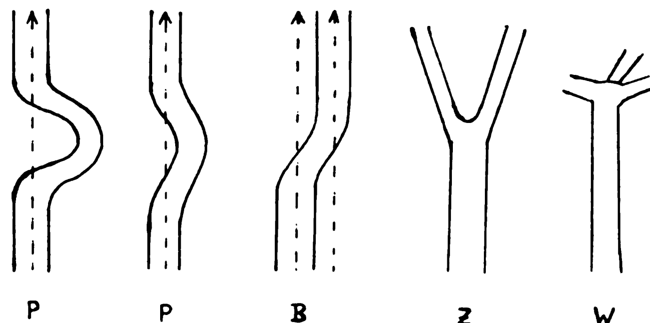



Abbildung 1

Tabelle 1

**Prozentanteil der Bäume mit Schaftverkrümmungen durch Triebwickler, gegliedert nach Höhenstufen und Krümmungsgraden**

| Forstbezirk Gemarkung Abteilung | | Alter | aufgenommene Stammzahl | deformiert | 0—4 m Höhe ins-ges. | 0—4 m Höhe P | 0—4 m Höhe B | 0—4 m Höhe W+Z | 4—10 m Höhe ins-ges. | 4—10 m Höhe P | 4—10 m Höhe B | 4—10 m Höhe W+Z | über 10 m Höhe ins-ges. | über 10 m Höhe P | über 10 m Höhe B | über 10 m Höhe W+Z | 0-10 m Höhe insges. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Bremgarten | 1 a | 13 | 500 | 97 | 97 | 33 | 88 | 6 | | | | | | | | | |
| | | | | 97,0 | | | | | | | | | | | | | |
| Neuenburg | II, 2 | 19 | 640 | 58 | 44 | 17 | 31 | 1 | 26 | 15 | 7 | 4 | | | | | |
| Zienken | II, F3 | 19 | 500 | 55 | 48 | 10 | 40 | — | 18 | 9 | 7 | 2 | | | | | |
| Schwetzingen | 3 | 19 | 500 | 62 | 62 | 11 | 56 | — | | | | | | | | | |
| Oftersheim | | 19 | 500 | 67 | 62 | 14 | 53 | — | 13 | 5 | 7 | — | | | | | |
| Schwetzingen | 14 | 20 | 500 | 76 | 76 | 20 | 67 | — | | | | | | | | | |
| Breisach | I, 4 | 20 | 1000 | 70 | 59 | 30 | 36 | — | 29 | 22 | 8 | 1 | | | | | |
| Oftersheim | | 22 | 500 | 63 | 56 | 13 | 47 | — | 20 | 8 | 12 | — | | | | | |
| | | | | 64,4 | | | | | | | | | | | | | |
| Schwetzingen | 25 | 28 | 500 | 23 | 6 | 1 | 5 | — | 18 | 8 | 9 | 1 | | | | | |
| Schwetzingen | 14 | 30 | 1000 | 66 | 22 | 6 | 16 | 1 | 55 | 27 | 29 | 5 | | | | | |
| Breisach | I, 24 | 31 | 240 | 54 | 24 | 13 | 13 | — | 37 | 27 | 9 | 1 | | | | | |
| Hartheim Vorland | | 32 | 240 | 53 | 11 | 6 | 5 | — | 46 | 32 | 14 | 5 | 6 | 5 | — | 1 | |
| Hartheim | 1 | 34 | 1000 | 59 | 27 | 14 | 13 | — | 44 | 34 | 8 | 5 | | | | | |
| Hartheim | 17 | 36 | 1000 | 55 | 30 | 17 | 14 | — | 35 | 27 | 7 | 2 | | | | | |
| Breisach | I, 3 | 38 | 1000 | 56 | 19 | 9 | 10 | — | 44 | 34 | 8 | 4 | | | | | |
| Hügelsheim | II, 2 | 40 | 1000 | 66 | 20 | 6 | 15 | — | 59 | 40 | 19 | 5 | | | | | |
| | | | | 54,0 | | | | | | | | | | | | | |
| Neuenburg | II, 2 | 42 | 640 | 61 | 14 | 4 | 10 | — | 58 | 40 | 16 | 9 | | | | | |
| Schwetzingen | 14 | 40—45 | 600 | 53 | 10 | 1 | 9 | — | 36 | 17 | 17 | 3 | 17 | 8 | 5 | 5 | 42 |
| Schwetzingen | 72 | 45 | 1000 | 32 | 4 | 1 | 4 | — | 28 | 11 | 17 | 1 | 2 | 1 | — | 1 | 31 |
| Schwetzingen | 92/93 | 48—50 | 1000 | 20 | 3 | 1 | 2 | — | 16 | 6 | 8 | 1 | 3 | 2 | 1 | — | 19 |
| Schwetzingen | 25/26 | 51 | 600 | 33 | 3 | 1 | 2 | — | 21 | 8 | 14 | 1 | 12 | 8 | 4 | 1 | 23 |
| Schwetzingen | 13 | 59 | 1000 | 42 | 2 | — | 2 | — | 23 | 8 | 12 | 3 | 21 | 13 | 5 | 3 | 25 |
| | | | | 40,2 | | | | | | | | | | | | | |
| Vorwuchshorste in Südbaden (Vollaufnahme) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Breisach | I, 21 | 50 | 182 | 44 | 10 | 2 | 8 | 1 | 24 | 13 | 10 | 1 | 17 | 15 | 1 | 1 | 31 |
| Hartheim in | 20 | 50 | 89 | 39 | 9 | 2 | 7 | — | 33 | 19 | 10 | 3 | | | | | 39 |
| Hartheim in | 23 | 53 | 85 | 45 | 12 | 5 | 7 | — | 40 | 33 | 7 | 1 | | | | | 45 |
| Hartheim in | 2 | 45 | 203 | 38 | 14 | 9 | 5 | — | 27 | 20 | 6 | 2 | | | | | 38 |
| Neuenburg | II, 3 | 50—60 | 193 | 65 | 12 | 3 | 9 | 1 | 50 | 32 | 20 | 5 | 18 | 15 | 1 | 3 | 57 |
| Neuenburg | II, 3 | 50—60 | 198 | 58 | 10 | 3 | 6 | 1 | 51 | 32 | 17 | 6 | 8 | 6 | — | 2 | 56 |
| Neuenburg | II, 6 | 57 | 335 | 54 | 9 | 3 | 6 | — | 45 | 30 | 16 | 3 | 8 | 6 | — | 2 | 51 |
| Hügelsheim | II, 2 | 62 | 300 | 50 | 7 | 4 | 3 | — | 44 | 27 | 17 | 3 | 6 | 4 | — | 2 | 47 |
| | | | | 49,1 | | | | | | | | | | | | | |

P = Posthorn (Verkrümmungsgrad I) B = Bajonett (Verkrümmungsgrad II) W + Z = Wipfelausfall u. Zwiesel (Krümmungsgrad III)

Ein charakteristisches Kennzeichen der ausgeschiedenen Krümmungsgrade liegt darin, daß die Krümmung auf ein relativ kurzes Stammstück beschränkt ist. Schlechte Schaftformen an sich, die vielfach genetisch bedingt sind und bei welchen sich die Verkrümmung über eine größere Strecke des Schaftes hinzieht, wurden in der Untersuchung nicht berücksichtigt. Doch auch bei den erfaßten Schädigungen ist deren Ursache nicht immer eindeutig. Während beim Krümmungsgrad P mit hoher Wahrscheinlichkeit nur solche Schäden aufgenommen wurden, die auf Triebwickler zurückzuführen sind, kann bei der Krümmungsstufe B der Schaden sowohl durch Triebwickler als auch durch Schneebruch verursacht sein. Eine sichere Trennung ist vor allem in älteren Beständen nicht möglich; in Dickungen, wo der Schnee*druck* gegenüber dem Schnee*bruch* vorherrscht, können in den meisten Fällen Wickler als Urheber angesehen werden. Auch bei der Schadstufe Z + W sind verschiedene Ursachen möglich (Schneebruch, genetische Veranlagung, Triebwickler).

### *5. Höhe der Schadstelle*

Die Wertminderung hängt nicht nur vom Grad der Verkrümmung ab, sondern auch von der Höhe und der Zahl der Schadstellen. Um sie zu ermitteln, bildete ich Höhenstufen von 0 - 4 m, 4 - 10 m und über 10 m bis zur Kronenmitte bzw. der Auflösung des Schaftes in Äste. Die Grenze 4 m wurde gewählt, weil sie der Mindestlänge für Kiefernstammholz entspricht; die Grenze von 10 m bot sich durch die Baumhöhe in der III. Altersklasse an. Die Einschätzung der 4 m- und 10 m-Grenze wurde immer wieder mit einem Zollstock bzw. dem Höhenmesser BLUME-LEISS überprüft. Eine Aussage über den Anteil der Bäume mit einer oder mehreren Schädigungen ist möglich, weil jeder Baum in der Aufnahmeliste getrennt notiert wurde.

## III. Auswertung der Ergebnisse

### *1. Schadprozente*

Die Ergebnisse aller Aufnahmen sind in Tab. 1 zusammengestellt. Um für alle Bestände zu einer gemeinsamen Beurteilungsgrundlage zu kommen, wurde der Anteil der geschädigten Bäume insgesamt (Sp. 4) und in den verschiedenen Höhenstufen (Sp. 5, 9, 13) und Krümmungsgraden (Sp. 6 - 8, 10 - 12, 14 - 16) jeweils auf die Gesamtzahl der aufgenommenen Bäume des untersuchten Bestandes bezogen. Zunächst war zu klären, ob die Stichproben (500 - 1000 Kiefern je Fläche) für den gesamten Bestand repräsentative Werte liefern. Die erzielte Genauigkeit ist befriedigend (vgl. Tab. 2); die 3 m-Werte liegen zwischen 0,48 und 1,32 bei einer Aufnahme von wenigstens 500 Bäumen (= 25 Gruppen) je Bestand. Das ergibt einen Schwankungsbereich von 2,41 - 6,66 %. Somit genügt es, 500 - 1000 Kiefern zu untersuchen. Die Bestände Breisach I,24 und Hartheim-Vorland mit ihrer geringeren Flächengröße und Stammzahl besitzen deshalb nur bedingten Aussagewert; ihre hohen Schadprozente (vgl. Tab. 1, Sp. 4) haben einen Schwankungsbereich von 9,15 bzw. 8,70 %.

Aus Tab. 1 geht hervor, daß Bestände ähnlichen Alters in allen untersuchten Forstbezirken annähernd gleich schwere Wicklerschäden aufweisen. Die Unterschiede zwischen zwei Beständen etwa gleichen Alters in demselben Forstbezirk können größer sein als diejenigen zwischen zwei weit voneinander entfernten Forstämtern. Ein gutes Beispiel hierfür bieten in Schwetzingen die Stangenhölzer der Abt. 14, 25/26 und 92/93 mit 42 %, 23 % und 19 % geschädigten Kiefern (vgl. Tab. 1, Sp. 17). Der erstgenannte Bestand liegt am Südrand des ganzen Waldgebietes umgeben von einförmigen, reinen Kiefern-Stangenhölzern, die alle stark befallen sind; die beiden anderen Flächen liegen inmitten mehr oder weniger laubholzreicher Kiefernbestände verschiedenen Alters. Außerdem sind die Kiefern in Abt. 25/26 auffallend geradschäftig und feinästig. Es besteht also Grund zu der Annahme, daß neben dem Boden auch das Kleinklima, die Umgebung des Bestandes und

Tabelle 2
**Statistische Überprüfung der Schadprozente**

| Forstbezirk Gemarkung Abteilung | Alter | Anzahl d. Gruppen | mittl. Anzahl deform. Bäume pro Gruppe | Streuung d. Mittelwertes | Variations-koeffizient | $m = \frac{s}{\sqrt{n}}$ | $\pm 3\,m$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bremgarten 1 a | 13 | 25 | 19,4 | 0,8 | 4 | 0,16 | 0,48 |
| Neuenburg II, 2 | 19 | 32 | 11,7 | 2,0 | 17 | 0,35 | 1,05 |
| Zienken II, F3 | 19 | 25 | 11,0 | 1,9 | 17 | 0,38 | 1,14 |
| Schwetzingen 3 | 19 | 25 | 12,5 | 1,7 | 14 | 0,34 | 1,02 |
| Oftersheim | 19 | 25 | 13,4 | 1,8 | 13 | 0,36 | 1,08 |
| Schwetzingen 14 | 20 | 25 | 15,2 | 1,5 | 10 | 0,30 | 0,90 |
| Breisach I, 4 | 20 | 50 | 14,0 | 1,9 | 14 | 0,27 | 0,81 |
| Oftersheim | 22 | 25 | 12,6 | 1,9 | 15 | 0,38 | 1,14 |
| Schwetzingen 25 | 28 | 25 | 4,6 | 1,5 | 33 | 0,30 | 0,90 |
| Schwetzingen 14 | 30 | 50 | 13,1 | 2,7 | 21 | 0,38 | 1,14 |
| Breisach I, 24 | 31 | 12 | 10,7 | 2,1 | 20 | 0,61 | 1,83 |
| Hartheim Vorl. | 32 | 12 | 10,7 | 2,0 | 19 | 0,58 | 1,74 |
| Hartheim 1 | 34 | 50 | 11,8 | 2,3 | 19 | 0,33 | 0,99 |
| Hartheim 17 | 36 | 50 | 10,9 | 2,1 | 19 | 0,30 | 0,90 |
| Breisach I, 3 | 38 | 50 | 11,1 | 3,1 | 28 | 0,44 | 1,32 |
| Hügelsheim II, 2 | 40 | 50 | 13,1 | 1,9 | 15 | 0,27 | 0,81 |
| Neuenburg II, 2 | 42 | 32 | 12,2 | 1,5 | 12 | 0,27 | 0,81 |
| Schwetzingen 14 | 40/45 | 30 | 10,5 | 2,2 | 21 | 0,40 | 1,20 |
| Schwetzingen 72 | 45 | 50 | 6,4 | 2,9 | 45 | 0,41 | 1,23 |
| Schwetz. 92/93 | 48/50 | 50 | 4,1 | 1,6 | 39 | 0,23 | 0,69 |
| Schwetz. 25/26 | 51 | 30 | 6,6 | 2,4 | 36 | 0,44 | 1,32 |
| Schwetzingen 13 | 59 | 50 | 8,4 | 2,1 | 25 | 0,30 | 0,90 |

die Herkunft des Saatgutes den Grad der Befallsbereitschaft für Triebwickler beeinflussen. Diesen Zusammenhängen konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter nachgegangen werden.

Um einen gewissen Überblick über das Ausmaß der Schäden zu erhalten, wurden die Bestände nach Altersklassen zusammengefaßt und die mittleren Schadprozente berechnet (vgl. Tab. 1); diese liegen in den 19 - 22jährigen Dickungen bei 64,4 %, in den 28 - 40jährigen Stangenhölzern bei 54,0 %, in den 40 - 60jährigen Beständen (ohne Vorwuchshorste) bei 40,2 % und in den Vorwuchshorsten Südbadens bei 49,1 %. Für die verschiedenen Höhenstufen und Schädigungsgrade sind die Anteile der deformierten Stämme jeweils in Prozent der Stammzahl aus Tab. 3 zu ersehen.

Tabelle 3
**Hundertsatz der je Altersklasse geschädigten Kiefern**

| | Höhenstufe | Altersklasse I/II 19-22 j. | II 28-40 j. | III 40-60 j. | III Vorwuchshorste |
|---|---|---|---|---|---|
| insgesamt geschädigt | bis 4 m | 58,1 | 19,9 | 6,0 | 10,4 |
| | 4 - 10 m | 21,1 * | 42,3 | 30,3 | 39,3 |
| P-Schäden | bis 4 m | 16,4 | 9,0 | 1,3 | 3,9 |
| | 4 - 10 m | 11,8 * | 28,6 | 15,0 | 25,8 |
| B-Schäden | bis 4 m | 47,1 | 12,4 | 4,8 | 6,4 |
| | 4 - 10 m | 8,2 * | 12,9 | 14,0 | 12,9 |
| W+Z-Schäden | bis 4 m | 0,1 | 0,1 | 0 | 0,4 |
| | 4 - 10 m | 1,4 * | 3,5 | 3,0 | 3,0 |

*) Da die 19 - 22 j. Bestände noch nicht alle 10 m hoch waren, sind diese Zahlen nicht mit den entsprechenden Werten der II. u. III. Altersklasse vergleichbar.

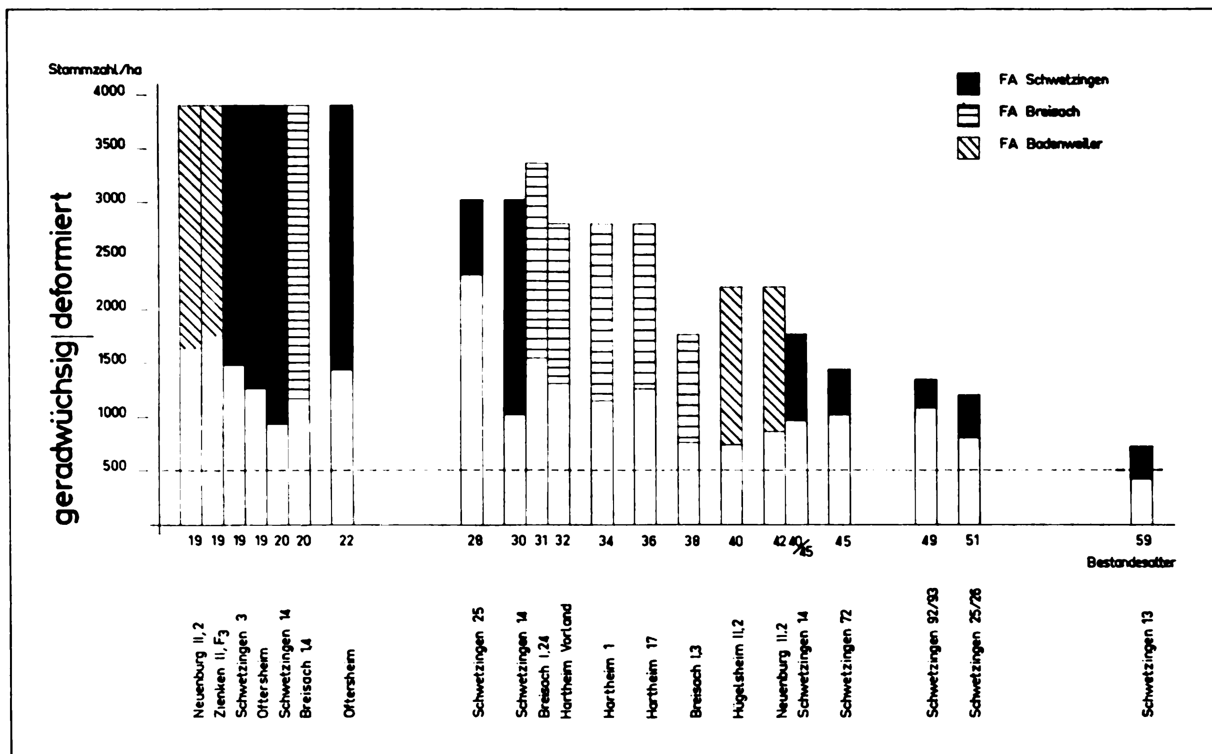



Abbildung 2
Anzahl der geradwüchsigen und deformierten Kiefern/ha.

Bei näherer Betrachtung zeigt sich, daß die überwiegende Zahl der Schädigungen in einer Höhe zwischen 4 und 10 m liegt, während nur wenige Krümmungen im wertvollsten Stammstück bis 4 m Höhe auftreten. Dies ist unter anderem eine direkte Folge der Bestandespflege, bei welcher fast ausschließlich krummes Material entnommen wird.

Die bisherigen Schadwerte sagen nichts darüber aus, ob ein deformierter Baum eine einzige oder mehrere Schadstellen aufweist. Deshalb wurde in der nachstehenden Tab. 4 zusammengestellt, wieviel Prozent der insgesamt deformierten Bäume 1, 2, 3 oder gar 4 Schädigungen haben.

Tabelle 4

| Zahl der Schadstellen je Kiefer | Altersklasse I/II 19 - 22 j. | Altersklasse II 28 - 40 j. | Altersklasse III 40 - 60 j. |
|---|---|---|---|
| | Werte in % der insgesamt geschädigten Kiefern | | |
| 1 | 65 | 75 | 81 |
| 2 | 29 | 22 | 18 |
| 3 | 5 | 3 | 1 |
| 4 | 1 | — | — |

Die Tabelle läßt deutlich erkennen, daß die Anteile der mehrfach geschädigten Bäume mit zunehmendem Alter abnehmen. Da rein theoretisch die Tendenz in genau umgekehrter Richtung verlaufen müßte, ist obige Tatsache nur dadurch zu erklären, daß bei der Bestandespflege vorrangig die Bäume mit mehreren Krümmungen entnommen werden.

Was besagen nun die Schadprozente?

Grundsätzlich ist zu beachten, daß die Schadprozente der einzelnen Bestände und die daraus errechneten Mittelwerte in den verschiedenen Altersklassen lediglich eine Erfassung des derzeitigen Zustandes darstellen; sie geben keinen Aufschluß über die Veränderung mit zunehmendem Bestandesalter. Der Grund liegt darin, daß nicht mit einem konstanten Befallsprozent durch Triebwickler gerechnet werden kann. Vielmehr wechseln Perioden mit starkem und schwachem Befall ab. So kann z. B. für die heute 50 - 60jährigen Bestände nicht ohne weiteres ein Schädigungsprozent im Alter 20 angenommen werden, das dem der heute 20-jährigen Dickungen entsprach, zumal vor allem in Südbaden durch die ausgedehnten Kiefernkulturen ganz andere Verhältnisse für die Populationsdynamik der Triebwickler gegeben sind als früher. Das Schadprozent eines Bestandes hängt neben der Befallsdichte in den einzelnen Jahren ab von der Zahl der Verwachsungen und von der Bestandesbehandlung. Welche Rolle diese Faktoren im einzelnen spielen, ist nur zu klären durch langzeitliche, detaillierte Beobachtungen bestimmter Bestände.

Die ermittelten Schadprozente stellen somit eine Bestandsaufnahme dar; sie können unter Einbeziehung weiterer Faktoren, z. B. der Stammzahl, eine Grundlage für eine betriebswirtschaftliche Beurteilung der Schäden bilden.

### 2. *Stammzahl je ha und Schadprozente*

Die Praxis möchte wissen, ob für den Endbestand eine ausreichende Zahl ungeschädigter Kiefern je Flächeneinheit verbleibt; erst in zweiter Linie interessiert sie die Frage nach dem Ausmaß der Schädigungen. Um darüber etwas auszusagen, muß die Stammzahl/ha in die Betrachtung einbezogen werden. Für die einzelnen Bestände haben wir die Stammzahlen mit Hilfe der Ertragstafel ermittelt, für die untersuchten soziologischen Klassen wurden sie durch Multiplikation mit dem Faktor 0,7 gewonnen (s. Kap. II.3. unten). In Abb. 2 ist die aus dem Schadprozent berechnete Anzahl deformierter Kiefern/ha der jeweiligen gesamten Stammzahl/ha gegenübergestellt. Allein betrachtet geben diese Zahlen jedoch ein falsches Bild; man muß bei ihrer Beurteilung stets die Stammhöhe berücksichtigen. Diese beträgt bis zur Kronenmitte in den 19 - 22-jährigen Dickungen 4 - 6 m, in den 28 - 40jährigen Stangenhölzern 6 - 10 m, in den Beständen der III. Altersklasse über 8 m.

Verlangt man, daß zur Erzielung eines qualitativ befriedigenden Endbestandes wenigstens 500 bis 10 m Schafthöhe nicht deformierte

Kiefern auf dem Hektar stehen müssen, so scheint diese Forderung in allen Beständen, deren Höhe eine Aussage darüber zuläßt, erfüllt zu sein. Dies gilt jedoch nur, wenn die nicht geschädigten Bäume über die ganze Fläche gleichmäßig verteilt sind. Einen Anhaltspunkt dafür, daß dies nicht zutrifft, liefert die Streuung der Zwanziger-Gruppen um die mittlere Anzahl der Schädigungen je Gruppe.

Am Beispiel der Abt. 13/Schwetzingen soll dies verdeutlicht werden: Aus der Stammzahl von 720 Kiefern/ha errechnet sich für eine Gruppe von 20 Bäumen ein Standraum von ca. 280 qm. Bei 500 Kiefern im Endbestand müssen auf dieser Fläche 14 normal gewachsene Bäume stehen, d. h. in einer Gruppe von 20 untersuchten Kiefern dürfen nicht mehr als 6 Bäume bis 10 m Höhe deformiert sein. Diese Forderung ist aber in 9 von 50 Fällen nicht erfüllt (vgl. Tab. 5).

Tabelle 5

| Geschädigte Bäume in der 20er Gruppe | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl der Gruppen | 1 | 1 | 3 | 6 | 12 | 10 | 8 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | | | | | | | | 9 Gruppen | | | | |

Ferner ist zu berücksichtigen, daß auch bei einer genügenden Zahl normal gewachsener Bäume in einer Gruppe deren Verteilung eine Rolle spielt. Bei der Aufnahme zeigte sich, daß oftmals einige deformierte Kiefern nebeneinander stehen. Die Entnahme sämtlicher verkrümmter Bäume würde zu einer Durchlöcherung des Bestandes führen. Demzufolge enthält selbst der Endbestand einen gewissen Anteil geschädigter Kiefern, der bei ca. 10 % liegen dürfte. Es handelt sich dabei ausschließlich um Schäden des Krümmungsgrades B in einer Stammhöhe zwischen 4 und 10 m; denn Bäume, welche Schädigungen der Krümmungsgrade P, Z+W aufweisen, oder deren Schadstelle unter 4 m Höhe liegt, können durchaus im Rahmen der Vornutzungen entfernt werden.

Die übrigen Bestände der III. Altersklasse des Forstbezirks Schwetzingen sind im Vergleich zur Abt. 13 günstiger zu beurteilen. Deshalb läßt sich für dieses Waldgebiet generell sagen, daß die heute 40 - 60jährigen Kiefernbestände ab Alter 80 bis zu einer Schafthöhe von 10 m nur noch einen sehr geringen Anteil deformierter Stämme haben werden.

Ungünstiger liegen die Verhältnisse in den über 50jährigen Vorwuchshorsten südlich Breisach; sie sind nicht nur stark von Triebwicklern befallen und beschädigt, sondern bereits sehr verlichtet. Die geringe Zahl normal gewachsener Kiefern/ha läßt hier keinen befriedigenden Endbestand erwarten.

In den z. Z. 30 - 40jährigen Beständen desselben Anbaugebietes stehen noch 750 - 1550 Kiefern/ha, die bei einer Schafthöhe von 6 - 10 m unbeschädigt sind. Es kann angenommen werden, daß bis zum Erreichen einer mittleren Stammhöhe von 10 m in den meisten Fällen 500 nicht deformierte Bäume/ha übrig bleiben und somit die Schäden gerade noch tolerierbar sind.

Diese Erwartungen lassen sich an die Bestände des I. Altersklasse nicht ohne weiteres knüpfen. Hier ist die Zahl der normal gewachsenen Bäume/ha zwar noch geringfügig größer, aber die Kiefern sind erst 4 - 7 m hoch. Ohne nähere Kenntnis über das Verwachsen von Schäden läßt sich für diese großflächig begründeten Dickungen keine befriedigende Prognose stellen.

Besonders deutlich zeigt dies eine 13jährige Aufforstung im Gem.-Wald Bremgarten, in der 97 % aller Stämmchen der herrschenden und mitherrschenden Klasse durch Triebwickler beschädigt sind. Diese Dickung ist erst 4 m hoch; in wenigen Jahren wird sie kaum mehr geradschäftige Bäume haben. Eine Besserung dieses Zustandes ist nur möglich, wenn viele Verkrümmungen sich auswachsen.

Das vorstehende Beispiel dürfte kein Einzelfall bleiben, wenigstens soweit es die ausgedehnten Kiefernkulturen in der Rheinebene Südbadens betrifft. Hier hat eine Untersuchung an über 2000 Kiefern in einer 8jährigen Dickung bei Hartheim gezeigt, daß in den Jahren 1964 - 1969 alljährlich steigend 11 %, 14 %, 18 %, 40 %, 67 %, 69 % der Terminaltriebe herrschender und mitherrschender Bäume durch Triebwickler geschädigt waren (5).

## IV. Versuch einer wirtschaftlichen Beurteilung der Schäden durch Triebwickler

### *1. Entwertung der geschädigten Stämme*

Verkrümmungen des Schaftes sind bei der Aushaltung und Sortierung des Rohholzes von entscheidender Bedeutung. Im einzelnen spielen dabei die Dimensionen, der Krümmungsgrad, die Höhe der Schadstelle, die Zahl der Schädigungen, aber auch weniger faßbare Faktoren wie z. B. die je nach Konjunkturlage wechselnden Ansprüche des Käufers eine Rolle. Verkrümmungsgrad und Dimension müssen im Zusammenhang gesehen werden. Erlauben die Dimensionen eine Aushaltung von Bauholz, so sind sämtliche Krümmungsstufen von Bedeutung, weil sie alle die nach den Sortierungsvorschriften zulässigen Werte übersteigen. Die schweren Krümmungen (Posthörner und Zwiesel) müssen herausgeschnitten werden und führen dadurch zu einem Masseverlust; bei den leichteren B-Schäden muß an der Schadstelle abgetrennt werden. Dadurch ist nur eine Aushaltung von kürzeren Stammstücken oder Blocklängen möglich je nachdem, in welcher Höhe die Schadstelle sitzt. Im ungünstigsten Fall muß ein Teilstück einem anderen Verwendungszweck zugeführt werden (Industrieholz, Kistenholz).



Abb. 3
Typische Stammverkrümmung durch Posthornwickler
(Foto: A. Steinhauer)

Bei Industrieholz und einer Reihe von Sondersortimenten, die keine Stammlängen erfordern (z. B. Grubenholz kurz, Kistenholz), spielen Schäden der Stufe B keine Rolle. Es entsteht lediglich ein Masseverlust durch P-Schäden. Dagegen scheidet ein geschädigter Stamm für die Verwendung als Rammpfahl ganz aus.

Bei Bäumen mit zwei oder mehr Krümmungen ist meist eine Änderung des Verwendungszweckes die Folge, da nur noch Sortimente in Frage kommen, welche kurze Längen zulassen.

Die Entwertung eines geschädigten Stammes stellt sich dar als Differenz zwischen dem Erlös bei tatsächlicher Sortierung und dem Erlös bei möglicher Sortierung, wenn der Stamm nicht deformiert wäre.

### *2. Entwertung des Bestandes*

Der durch Triebwickler verursachte Schaden liegt auf zwei verschiedenen Ebenen,

a) auf ertragskundlichem Gebiet durch einen gewissen Höhenzuwachsverlust, vor allem bei Verbuschung,
b) auf dem Gebiet der Holzverwertung durch Verkrümmungen des Schaftes (vgl. Abb. 3).

Über den Höhenzuwachsverlust durch Triebwicklerschäden sind noch keine Werte bekannt.

Eine diesbezügliche Untersuchung könnte in der Weise erfolgen, daß der Terminaltrieb einer größeren Anzahl von Kiefern in stark befallenen Dickungen über mehrere Jahre mit Kontaktinsektiziden geschützt und dann der Höhenzuwachs mit unbehandelten Nachbarbäumen verglichen wird.

Der wirtschaftliche Schaden durch Verkrümmungen des Schaftes soll aufgrund der vorliegenden Untersuchung wenigstens in der Größenordnung bestimmt werden.

Wie bei der Entwertung des Einzelstammes dargelegt wurde, schlagen die Verkrümmungen vor allem vom Bauholzalter an finanziell zu Buche. Nach Angaben aus dem Forstamt Schwetzingen, das über eine große Zahl älterer Bestände verfügt, wird dafür etwa das Alter 80 angesetzt. Deshalb schiene es zunächst sinnvoll, die Stammverkrümmungen durch Triebwickler in den Altersklassen V und VI zu ermitteln. Dies scheitert jedoch daran, daß in diesem Alter eine Trennung zwischen Schneebruch- und Triebwicklerschäden nicht möglich ist, zumal es sich fast nur noch um B-Schäden handelt. Die eindeutig auf Triebwickler zurückzuführenden „Posthörner" sind bis zum Alter 80 weitgehend ausgemerzt. Aus diesem Grunde wurden nur Bestände bis zum Alter 60 in die Untersuchung einbezogen. Eine Abschätzung des wirtschaftlichen Schadens kann nur auf der Grundlage der Bestände in der III. Altersklasse durchgeführt werden, da diese eine Prognose für die Zahl der deformierten Stämme im Bauholzalter ermöglichen. Für die Bestände der III. Altersklasse im Bezirk Schwetzingen wurde ermittelt, daß von 500 Bäumen im Alter 100 noch ca. 10 % = 50 Bäume eine Schaftverkrümmung bis 10 m Höhe aufweisen, bedingt durch die unregelmäßige Verteilung der Schadbäume. Dabei handelt es sich ausschließlich um Schädigungen der Krümmungsstufe B in einer Höhe zwischen 4 und 10 m. Berechnet man für die deformierten Stämme eine mittlere Entwertung, so kann der Schaden im Endnutzungsbestand bestimmt werden.

Hierfür wurde ein Modellstamm (10) konstruiert. Da es sich im Forstbezirk Schwetzingen zum größten Teil um Bestände der Ertragsklasse 5 $dGz_{100}$ handelt, wurde der Mittelstamm dieser Ertragsklasse im Alter 100 nach der Ertragstafel von WIEDEMANN als Modellstamm verwendet (h = 21,4 m, d = 27,4 cm) und eine mittlere Formzahl für die Kiefer von 0,53 unterstellt.

Der Modellstamm hat einen Inhalt von 0,6 Vfm m. R. = 0,49 Efm o. R. Bis zu einer Höhe von 10 m (= 47,5 % der Gesamthöhe) beträgt der Inhalt 77 % des Gesamtvolumens, was 0,46 Vfm m. R. = 0,37 Efm o. R. entspricht. Es handelt sich um einen Stamm der Stärkeklasse 2a. Für die Wertberechnung wird nur der Schaft bis 10 m Höhe betrachtet. Weil der Erlös in hohem Maße von der Güteklasse abhängt, wurde die Berechnung für die Güteklassen C und B durchgeführt.

Für Güteklasse C ergibt sich bei einem durchschnittlichen Erlös von 140 % der MZ ein Bruttoerlös von 47,60 DM je fm, für Güteklasse B bei 240 % der MZ 81,60 DM/fm, also für den Modellstamm ein Betrag von 17,61 DM bzw. 30,19 DM/fm*).

Nimmt man an, die Krümmung durch Triebwickler bewirke die Einstufung des Stammes statt in die Güteklasse B in die Güteklasse C, so würde sich ein Verlust von 12,58 DM ergeben. Dieser Fall kann praktisch aber kaum eintreten, weil der Grad der Krümmung eine Ablängung an der Schadstelle erforderlich macht. Dabei ist die Aushaltung eines verkürzten Stammstückes der Güteklasse B möglich, was den Verlust wesentlich verringert, wie nachstehend aufgezeigt wird:

Die Schadstellen liegen in einer Höhe zwischen 4 und 10 m (s. o.). Die größte Entwertung ist bei einer Schadhöhe von ca. 7 m gegeben, weil das übrigbleibende Stammstück praktisch ins Industrieholz fällt. Liegt dagegen die Krümmung zwischen 4 und 6 m, so ist die Aushaltung von zwei Blocklängen von mindestens 4 m möglich. Für den Modellfall wurde eine Höhe der Schadstelle von 7 m und damit der ungünstigste Fall angenommen.

Das Volumen des Modellstammes bis 7 m Höhe (= 33,3 % der Gesamthöhe) beträgt 58 % des Gesamtvolumens, was 0,35 Vfm m. R. = 0,28 Efm o. R. entspricht. Das 7 m lange Stammstück fällt ebenfalls in die Stärkeklasse 2a. Das Stück zwischen 7 m und 10 m hat einen Inhalt von 0,09 Efm o. R. = 0,13 rm.

Der Erlös für den 7 m langen Stamm der Güteklasse C beträgt 13,33 DM, der für den Rest Industrieholz 2,90 DM (150 % der MZ). Das ergibt einen Gesamterlös von *16,23 DM*. Somit beläuft sich die Entwertung des geschädigten Stammes der Güteklasse C auf 17,61 - 16,23 = 1,38 DM. Für die Güteklasse B errechnet sich ein Verlust von 30,19 - (22,85 + 2,90) = 4,44 DM. Bei 50 deformierten Bäumen im Alter 100 ergibt sich somit ein Verlust von 69 DM bzw. 222,— DM/ha, je nachdem, ob der Bestand Stammholz der Güteklasse C oder B erwarten läßt.

Nach Erhebungen im Forstamt Schwetzingen liegen ca. 85 % des verkauften Stammholzes in der Güteklasse C und nur 15 % in der Güteklasse B. Demnach lassen die Bestände der derzeit III. Altersklasse im Endbestand eine Entwertung durch Schaftverkrümmungen, die auf Triebwickler zurückzuführen sind, von etwa 92,— DM/ha erwarten.

Der Schaden erhöht sich, wenn ein Modellstamm mit größeren Dimensionen, d. h. ein Mittelstamm höheren Alters zur Berechnung herangezogen wird. Für den Mittelstamm im Alter 140 (Ertragsklasse 5 $dGz_{100}$) betragen z. B. die Verlustwerte 2,50 DM bei Güteklasse C und 8,— DM bei Güteklasse B, womit sich der Schaden auf 125 DM bzw. 400 DM/ha belaufen würde. Bis zum Alter 140 ist jedoch eine Ausscheidung sämtlicher bis 10 m Höhe geschädigter Bäume möglich, so daß diese Verluste praktisch nicht erreicht werden.

In obiger Berechnung wurde unterstellt, daß die Erntekosten bei einem normal gewachsenen und einem geschädigten Baum gleich groß sind. In Wirklichkeit sind beim deformierten Stamm größere Werbungskosten zu erwarten, bedingt durch zusätzliche Trennschnitte an der Schadstelle. Auch differieren die Erntekosten zwischen Stammholzaushaltung und Schichtholz. Deshalb liegen bei Betrachtung der erntekostenfreien Erlöse die Verluste etwas höher.

Dazu kommen noch diejenigen, die sich bei den Vornutzungen bis zum Alter 80 ergeben. Wie die Untersuchung zeigte, sind die meisten bis dahin entnommenen Bäume deformiert. Da aber wegen der schwachen Dimensionen nur eine Aushaltung von Industrieholz (möglicherweise in langer Form) oder von Sondersortimenten, die keine Stammlängen erfordern, in Frage kommt, spielen die meisten Krümmungen keine Rolle. Lediglich extrem starke „Posthörner" müssen herausgeschnitten werden, wodurch ein gewisser Masseverlust entsteht. Er beträgt z. B. für einen 50jährigen Bestand in Schwetzingen nach überschlägiger Rechnung 1,5 fm. Dieser Masseverlust wirkt sich wertmäßig nur wenig aus, da der erntekostenfreie Erlös bei Industrieholz sehr gering ist.

Bei der bisherigen Berechnung konnte auf konkrete Schadprozente zurückgegriffen werden. Für die Höhe des wirtschaftlichen Schadens spielen aber noch andere Faktoren eine Rolle, die allerdings nicht oder nur sehr schwer zu ermitteln sind. So mindern die Verkrümmungen z. B. bei Industrieholz-lang die Auslastung der Transportfahrzeuge, was der Käufer von vornherein mit einem geringeren Preis quittiert. Beim Aufsetzen von Schichtholz bereiten krumme Stücke oft Schwierigkeiten, so daß sie einfach im Walde liegen bleiben, obwohl sie verwertbar wären. Weiter ist denkbar, daß die Schädigungen durch Triebwickler sich auf die Astigkeit auswirken, indem z. B. ein Seitentrieb, der kürzere Internodien aufweist als der Terminaltrieb, die Führung übernimmt. Die Astigkeit ist aber ein entscheidendes Kriterium

*) Die Erlöse bzw. Kosten beziehen sich auf den Stand des Sommers 1970.

bei der Gütebeurteilung. Auf den erhöhten Zeitaufwand bei der Ernte geschädigter Bäume wurde schon oben hingewiesen. Da all' diese Faktoren in der Berechnung nicht enthalten sind, müssen die Verluste von 100 DM/ha in jedem Fall als Untergrenze angesehen werden.

### Schlußbetrachtung

Mit der vorliegenden Untersuchung ist der derzeitige Zustand der 10 - 60jährigen Kiefernbestände in der Rheinebene Nord- und Südbadens hinsichtlich der Stammverkrümmungen durch Triebwickler erfaßt. Für die Bestände der III. Altersklasse wurde auf der Grundlage der ermittelten Schadprozente eine Prognose des wirtschaftlichen Schadens gewagt. Obwohl der errechnete Verlust von ca. 100 DM/ha nur ein grober Annäherungswert ist, kann eindeutig festgestellt werden, daß eine chemische Bekämpfung der Triebwickler den Hektar rein finanziell weit mehr belasten würde.

Wicklerschäden können nach unserem derzeitigen Wissen nur durch eine Begiftung mit DDT verhindert werden (4). Da die standortbedingte Befallsbereitschaft der Kiefern bestehen bleibt, muß die Bekämpfung 3 - 5mal wiederholt werden, wenn man geradschäftiges Holz von 10 m Länge erzielen will. Zur Verminderung einer schnellen Rückinfektion sind auch die als Triebwickler-Reservoir geltenden älteren Nachbarbestände mit zu begiften. Die hierfür entstehenden Kosten liegen zwischen 105 und 175 DM/ha. Berücksichtigt man, daß diese Investition bereits in 5 - 20jährigen Anpflanzungen vorgenommen werden muß, so wächst der eingesetzte Betrag bei einer Verzinsung von 3 % auf 1290 DM bzw. 2150 DM/ha im Alter 100 an.

Ob allerdings für die derzeitigen max. 20jährigen Jungbestände, die im Trockengebiet südlich Breisach an bis zu 97 % aller Kiefern Schaftverkrümmungen durch Triebwickler aufweisen, die Prognose ebenso günstig ist, muß dahingestellt bleiben. Dazu fehlen Untersuchungen darüber, inwieweit sich Verkrümmungen des Schaftes im Lauf der Jahre verwachsen. Außerdem gelten diese Feststellungen nur für den Fall, daß — wie bisher — bei den Pflegehieben die deformierten Stämme nach und nach entfernt werden. Wie sich die neu eingeführte Stammzahlverringerung durch Gassenschnitte mit dem Rotorschneider auf den Triebwicklerschaden auswirken wird, wäre einer Untersuchung wert.

### Zusammenfassung

Zur Ermittlung des wirtschaftlichen Schadens von Stammverkrümmungen durch Kieferntriebwickler (*Rhyacionia* sp.) wurden Erhebungen in zahlreichen 13 - 60jährigen Kiefernbeständen der Rheinebene Nord- und Südbadens durchgeführt.

Der Anteil der erkennbar von diesem Schädling deformierten Stämme wurde durch Stichproben bzw. — bei älteren Beständen — Vollaufnahmen ermittelt; dem Schadbild entsprechend wurden drei Deformationsstufen unterschieden und deren Lage am Stamm durch getrennte Registrierung von drei Höhenstufen berücksichtigt.

Im Durchschnitt der untersuchten Bestände waren etwa 53 % aller Stämme von Triebwicklern geschädigt. Natürliche Bestandesausscheidung sowie Pflegehiebe bedingen, daß dieser Anteil mit zunehmendem Bestandesalter abnimmt; er betrug 64 % in 19 - 22-jährigen Dickungen, 54 % in 28 - 40jährigen Stangenhölzern und 40 % in Beständen der III. Altersklasse. Die einzelnen Bestände zeigten z. T. erhebliche Abweichungen; am stärksten geschädigt sind Kiefernkulturen und -dickungen in der oberen Rheinebene Südbadens, hier waren bis zu 97 % aller Stämme deformiert.

1/4 aller geschädigten Stämme weisen mehr als eine Deformation auf; in höherem Bestandesalter nimmt die Zahl der mehrfach geschädigten Stämme ab.

Der wirtschaftliche Schaden wurde nach zwei Gesichtspunkten beurteilt: 1. Minderung des Höhenzuwachses = Ertragsverlust, 2. Holzentwertung durch Stammverkrümmung = Erlösverlust.

Im Vergleich zum erntekostenfreien Erlös nicht geschädigter Bestände errechnet sich zum Zeitpunkt der Endnutzung ein Gesamtverlust von etwa 100,— DM/ha.

Eine Abwendung des Schadens durch mehrfache Begiftung würde den Forstbetrieb bereits im jungen Bestandesalter mit etwa 105,— bis 175,— DM/ha belasten. Auch ohne Zinsforderung erscheint eine chemische Bekämpfung der Kieferntriebwickler somit betriebswirtschaftlich i. a. nicht gerechtfertigt und ist darüber hinaus aus hygienischen Gründen abzulehnen.

### Summary

Title of the paper: *Assessment of the proportion of heavy stem deformation through post-horn pine-shoot borer in Baden.*

Stem curvature due to damage by *Rhyacionia sp.* was sampled or fully enumerated in 20 - 60 yrs pine stands, by 3 severety and 3 stem-height classes.

53 % of the stems were damaged, damage decreasing from 64 % in 19/22 yrs stands, 54 % in 28/40, to 40 % in stands over 40 yrs. Greatest damage occured in young plantations (97 %). Between-stand variation was considerable. Stand tending reduced damage incidence.

1/5 th of all damaged stems had more than 1 deformation, the proportion decreasing with age of the stand.

The damage was valued by (1) reduced height growth = loss of increment; (2) devaluation of the timber = loss of revenue. Total loss in stumpage at rotation age amounted to about 100 DM/ha.

Control by insecticide application would cost 105 to 175 DM/ha at an early age in te rotation. Even without compound interest charge chemical control does not seem justified economically, nor is it desirable ecologically. E. F. B.

### Résumé *)

### Literaturverzeichnis

1. Berger, H. (1959): Der Kiefernknospentriebwickler Rhyacionia buoliana Schiff. und seine Begleitschädlinge. Diss. Freiburg. — 2. Bogenschütz, H. (1969): Der Parasitenkomplex von Rhyacionia buoliana in verschieden stark befallenen Pinus silvestris-Kulturen der Oberrheinebene. ZaE Bd. 64, 104 - 107. — 3. Cramer, H. H. (1964): Zur Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers. Holz-Zentralblatt Nr. 35. — 4. König, E. und Bogenschütz, H. (1971): Zur Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers im oberrheinischen Tiefland mit und ohne DDT. Allg. Forst- u. Jagdztg. — 5. Lüdge, W. und Wellenstein, G.: Untersuchungen über den Einfluß organischer Düngemittel auf den Befall von Kiefern durch Rhyacionia buoliana (Schiff.) im Oberrheintal *). — 6. Merker, E. u. Büttner, H. (1959): Die Wirkung von Mülldünger auf den Befall von Kiefernknospentriebwicklern. AFZ, 45, S. 792. — 7. Miller, W. E. (1967): The European pine shoot moth-Ecology and control in the Lake states. Forest Science Monograph, 14, 1 - 72. — 8. Neugebauer, W. (1952): Die Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers (Vorbeugende waldbauliche Maßnahmen). Forstarchiv, Heft 8. — 9. Olberg, A. (1939): Die Bedeutung des Kiefernknospentriebwicklers für die Erziehung von Kiefernwertholz. Forstarchiv, Heft 2, S. 29. — 10. Prodan, M. (1965): Holzmeßlehre. Frankfurt a. M. — 11. Schindler, U. und Baule, H. (1964): Forstliche Düngung und Kiefernknospentriebwicklerbefall. AFZ 34/35.
*) in Vorbereitung

*) Die französische Zusammenfassung folgt aus Platzgründen im nächsten Heft.

# Notizen

## Gustav Wellenstein 65 Jahre alt

Am 27. Juli 1971 vollendet der Inhaber des Lehrstuhls und Direktor des Instituts für Forstzoologie an der Universität Freiburg, Professor Dr. Dr. Gustav WELLENSTEIN, sein 65. Lebensjahr — willkommener Anlaß, das, was ihm an Leistungen zu verdanken ist, in kurzen Worten zu würdigen.



Nur wenige Daten seines Lebensgangs: aus Trier stammend, nach dem Abitur dort, studierte er Forstwissenschaften in München, Hann. Münden und Eberswalde; nach der Großen Staatsprüfung wurde er 1933 wissenschaftlicher Assistent bei EIDMANN in Hann. Münden, leitete als solcher die Waldstation Rominter Heide und übernahm 1937 zugleich mit dem Forstamt die neueingerichtete Forstschutzstelle Ost in Breitenheide/Ostpreußen. 1943 promovierte er in Königsberg und in Eberswalde, 1944 habilitierte er sich an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Königsberg für Forstliche Zoologie und Waldhygiene. Nach dem Kriege beauftragte ihn die Forstdirektion Südwürttemberg-Hohenzollern, die Bekämpfung der großen Borkenkäfer-Kalamität zu organisieren. 1948 übernahm er die Leitung der neuen Forstschutzstelle Südwest, 1960 wurde er als Ordinarius nach Freiburg berufen.

WELLENSTEIN als Forscher läßt sich vielleicht dahin charakterisieren, daß er den Dingen auf den Grund zu gehen bemüht ist: ein Problem, das er angepackt hat, läßt ihn nicht mehr los, bis er es von allen Seiten durchleuchtet hat und als gelöst ansehen kann. Beispielhaft hierfür ist bereits der vergleichsweise kleine, 1933 unternommene Versuch, die Erzwespe *Trichogramma* zur biologischen Bekämpfung der Forleule einzusetzen. Die sorgfältig vorbereitete und nach verschiedenen Gesichtspunkten durchgeführte Ausbringung der Wespen erwies sich als ein totaler Fehlschlag; seine Ursachen konnten durch Kombination ökologischer und ethologischer, im Freiland und Labor verwendeter Methoden einwandfrei ermittelt werden. Die große Gelegenheit, den Dingen auf den Grund zu gehen, erhielt WELLENSTEIN durch den mit reichlich Mitteln dotierten Auftrag der Preußischen Staatsforstverwaltung, eine in Ostpreußen ausgebrochene Massenvermehrung der Nonne zu bearbeiten. Mitten im Befallsgebiet wurde 1934 ein Barackenlager mit Wohn- und Arbeitsräumen eingerichtet, in denen bis zu 37 Personen vier Sommer lang für Beobachtung und experimentelle Forschung eingesetzt waren. Es war die erste, mehrjährige Team-Arbeit dieser Art und damals eine Pionier-Leistung hohen Grades; erst 20 Jahre später wurde sie in Kanada, heute dem Gelobten Land der Forstentomologen, wiederholt. Ihre Frucht war die 1942 publizierte Nonnen-Monographie, in der 8 Autoren in 19 Beiträgen Untersuchungsergebnisse zur Bionomie und Populationsdynamik des Schädlings und seiner Feinde sowie Erfahrungen zur Überwachung, Prognose und Bekämpfung vorlegten. Zu einer ähnlichen vielseitigen Team-Arbeit kam es nach dem Kriege anläßlich der großen Borkenkäfer-Kalamität in Südwestdeutschland, wenn auch diesmal unter dem Zwang, der scheinbar unaufhörlich fortschreitenden und Jahr für Jahr Riesenverluste erzeugenden Plage bald Herr werden zu müssen. Wiederum war eine Monographie mit 16 Beiträgen von 11 Autoren, veröffentlicht 1954, die wissenschaftliche Ernte. Und ein letztes Beispiel für die auf den Grund gehende Bearbeitung eines Problems: die Bedeutung der Ameisen für den Forstschutz. Die Ameisen sind WELLENSTEINS „alte Liebe"; schon während seines Lehrjahres in der Eifel befaßte er sich eingehend mit ihnen, und noch heute sind sie eines seiner wesentlichen Forschungsobjekte. Dabei sieht er nicht nur ihren Nutzen, sondern auch die Grenzen ihrer Nutzbarmachung.

WELLENSTEINS Forschung ist auf die Praxis ausgerichtet. Schon die Einrichtung zweier Forstschutzstellen, die ja dem Forstmann in Dingen des Forstschutzes helfen sollen, ist ein Symptom für seine Praxisverbundenheit. Viele, dauerhaft oder zeitweilig entscheidende Fortschritte in der Forstschutzpraxis sind ihm zu verdanken. Genannt seien die neuen Verfahren zur Überwachung und Prognose des Nonnenauftretens, die erfolgreiche Anwendung des Arsens zur Niederschlagung der Borkenkäfer-Epidemie, die umfangreichen Maikäfer-Bekämpfungen im südwestdeutschen Raum. Zur Brauchbarkeit einer praktischen Maßnahme gehört auch ihre Wirtschaftlichkeit. Daß hier WELLENSTEIN in größeren Zusammenhängen denkt, zeigen seine Untersuchungen an Bienen und über die Waldhonigernte, die manchem als außerhalb seines Aufgabenbereichs liegend erscheinen mögen. Sie sind es nicht, wenn der Zusammenhang gesehen wird: Ameisenhege ist mancherorts eine brauchbare Forstschutzmaßnahme, aber nicht billig; es können zudem an den Bäumen durch Pflanzenläuse, die sich dank dem von den Ameisen gewährten Schutz stark vermehren, Zuwachseinbußen entstehen. Beides, hohe Kosten und Zuwachsminderung, wird mehr als ausgeglichen durch höhere Waldhonigernte eben infolge des vermehrten Angebots an Blattlaushonig. So erweist sich sozusagen auf höherer Ebene, nämlich unter Einbeziehung der Imkerei, die Ameisenhege doch als eine wirtschaftlich vertretbare Maßnahme.

WELLENSTEIN besitzt die glückliche Gabe, bereitwillig andere an seinem durch Erfahrung und Forschung erworbenen, reichen Wissen teilnehmen zu lassen. In kritischen Diskussionen mit seinen Kollegen und Mitarbeitern, im beratenden Gespräch mit dem praktischen Forstmann und nicht zuletzt als Lehrer seiner Studenten trägt er Wesentliches zur Verbreitung und Nutzbarmachung forstentomologischer und forstschutzlicher Erkenntnisse bei.

Sie alle, Kollegen und Mitarbeiter, Forstleute und Studenten sind WELLENSTEIN dankbar für das in Forschung, Praxis und Lehre Geleistete und wünschen ihm Gesundheit und weitere viele Jahre schöpferischen Schaffens.

FRITZ SCHWERDTFEGER

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG






INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



142. JAHRGANG 1971 HEFT 8/9 AUG.-SEPT.

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

ALLGEMEINE
# FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Göttingen

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 64 24 Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M. 54 08 75, Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 9 69 58), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.





**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 8/9 des 142. Jahrganges sind:**

Oberforstrat Dr. Eduard ALTHERR, 78 Freiburg i. Br., Schwaighofstr. 6

Dr. Dietrich BÖHLMANN, 41 Duisburg-Großenbaum, Am Golfplatz 20

Oberforstmeister Dr. H. GOTHE, 6407 Schlitz, Vorderburg

Landforstmeister a. D. K. HAUSSER, 745 Hechingen, Silberburgstr. 36

V. KOHLER, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Gerhard MAIER, Forstzool. Institut der Univ. Freiburg, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Prof. Dr. R. SCHOBER, 34 Göttingen, Büsgenweg 5

Götz SCHÜRHOLZ, Institut für Forsteinrichtung und Forstliche Betriebswirtschaft, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

**Die Buchbesprechungen erfolgten von:**

Dozent Dr. Z. GRAČANIN, Institut für Bodenkunde der Universität, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

Prof. Dr. G. MITSCHERLICH, 78 Freiburg i. B., Bertoldstr. 17

Dr. H. U. MOOSMAYER, 7 Stuttgart 1, Hauptmannsreute 45

Prof. Dr. H. SCHMIDT-VOGT, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden:*

*Summaries* von Dr. E. F. BRÜNIG, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. MAHEUT, Centre National de Recherches Forestières, Champenoux - 54 - Einville

# Die Exotenfläche im Lehrrevier der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg im Forstamt Freiburg I.

(Aus dem Waldbau-Institut der Universität Freiburg)

(Mit 11 Abbildungen)

Von V. KOHLER

Im Vergleich zu den übrigen Gebieten des holarktischen Florenreiches in Asien und Nordamerika ist Europa ausgesprochen artenarm. Wir finden hier nur etwa 70 Baumarten, darunter 6 Nadelbäume von wirtschaftlicher Bedeutung. Grundlegende Voraussetzungen der unterschiedlichen Artenzusammensetzung schufen die verschiedenen Rückzugs- und Wiedereroberungsbedingungen während und nach den Eiszeiten. Es lag nahe, durch den Anbau geeigneter fremder Baumarten unsere Wälder zu bereichern. Versuche mit „Exoten" reichen über 100 Jahre zurück (SCHENCK 1939). Die Auswahl des fremden Saatgutes war aber meist dem Zufall überlassen, die genaue Herkunft blieb unbekannt. In der Reihe der älteren Versuche stellt die Exotenfläche im Lehrrevier Freiburg eine erfreuliche Ausnahme dar. Hier wurde bei der Anlage bewußt auf die Herkunft der Samen geachtet, z. T. wurden Parallelversuche mit Samen aus verschiedenen Höhenlagen durchgeführt.

Im Jahr 1930 legte Prof. Dr. PFEFFERKORN, damals Betreuer des Lehrreviers und Leiter des staatlichen Forstamts Freiburg I, auf einem 2 ha großen ehemaligen Weidfeld die ersten Pflanzungen an und ergänzte sie in den folgenden Jahren. Insgesamt wurden 46 ausländische Baumarten angebaut. Der Ordinarius für Waldbau Prof. Dr. HAUSRATH unterstützte das Vorhaben und vermittelte über japanische und indische Kollegen Samenlieferungen aus Asien. Das nordamerikanische Saatgut lieferten amerikanische Handelskompanien, Lieferscheine und Herkunftszeugnisse sind noch vorhanden. Die übrigen Aufzeichnungen der ersten Jahre gingen durch Kriegseinwirkungen verloren. Das älteste Dokument ist eine Aufnahme aus dem Jahre 1942 von Prof. Dr. Zentgraf (ZENTGRAF 1942). Sie gibt Auskunft über Herkunft und Anzahl der verwandten Pflanzen und einen Bericht über das Jugendwachstum. Weitere Aufnahmen wurden 1945, 1950, 1955 und 1963 vom Institut für Ertragskunde der Universität Freiburg durchgeführt.

Bei der letzten Aufnahme 1967 wurde versucht, neben der Auswertung ertragskundlicher Daten, durch einen Klimavergleich zwischen dem Herkunftsgebiet und dem Freiburger Standort weitere Aufschlüsse zur Beurteilung der Erfolgsaussichten zu gewinnen. Nur wenige Anbauflächen haben die nötige Größe und Pflanzenzahl zu exakten und vergleichbaren Massen- und Zuwachsberechnungen. Ein ungefähres Bild der Leistung kann die Entwicklung der Mittelhöhenkurve vermitteln. Es war beabsichtigt, diese Kurve mit der Entwicklung einer einheimischen „Standardholzart", z. B. Fichte, zu vergleichen. Es stand aber kein vergleichbarer Bestand auf gleichem oder ähnlichem Standort zur Verfügung und das Ertragstafelmodell der Fichte stimmt nach Mitscherlich (MITSCHERLICH 1958) nicht mit der Entwicklung dieser Holzart auf badischen Standorten überein. Als Vergleichskurve diente daher eine „Flächenmittelhöhenkurve": eine Kurve nach den arithmetischen Mittelwerten der Mittelhöhen aller Holzarten der Exotenfläche bei bestimmtem Alter. Als weitere Vergleichsmöglichkeit wird die Mittelhöhenentwicklung ähnlicher einheimischer Holzarten angegeben, nach den Hilfstabellen für die Forsteinrichtung des Landes Baden-Württemberg. Bei einigen Holzarten wurden zusätzlich mit Hilfe der Bohrspananalyse die Zusammenhänge zwischen Niederschlag während der Vegetationszeit und dem Zuwachsablauf untersucht.

Die Exotenfläche liegt in der Nähe Freiburgs, am Westabhang des Schwarzwaldes nach NW exponiert zwischen 400 - 600 m N. N. (Hangneigung 20° - 40°). Sie ist ringsum von Hochwald umgeben. Bodenproben zeigten eine typische eutrophe Braunerde mit schwacher Pseudovergleyung im unteren Hangteil. Vegetationskundlich läßt sich der Standort zwischen dem Melico-Fagetum (artenreicher Tieflagenbuchenwald des Schwarzwaldes) und dem Abieti-Fagetum (artenreicher Tannen-Buchenawld des Schwarzwaldes und der Vogesen) einordnen. Das Klima in diesem Raum gilt als Übergangsklima zwischen dem ozeanischen Bereich Westeuropas und dem kontinental getönten Mittel- und Osteuropas. Aus dem Klimadiagramm von Freiburg lassen sich folgende Werte entnehmen (Abb. 1). Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 9,9 °C, die durchschnittliche Temperatur von Juni bis September 17,4 °C. Etwa 200 Tage lang liegen die Temperaturen über 5 °C, 145 Tage über 10 °C. Der tatsächliche Verlauf entspricht selten diesen Mittelwerten. Besonders im Winter können Schwankungen bis zu 17 °C nach der negativen Seite hin auftreten.

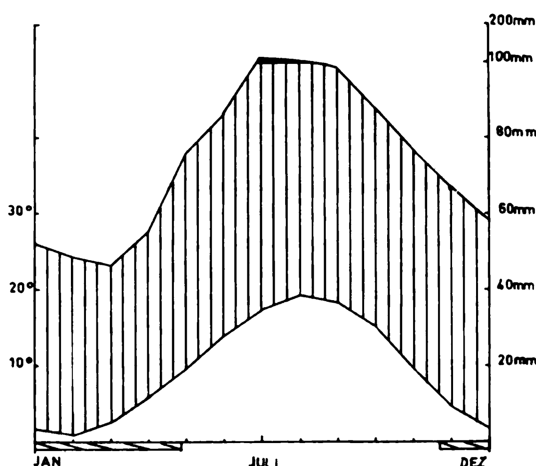



Abb. 1
Klimadiagramm von Freiburg i. Br.
Ein Skalenteil der Ordinate = 20 mm Niederschlag bzw. 10° C Temperaturdifferenz.
Ein Skalenteil der Abszisse = 1 Monat.
Senkrecht schraffiert = Bereiche über der Temperaturkurve bis zur Niederschlagskurve (kennzeichnet humide Jahreszeiten). Schräg schraffiert = Monate mit absolutem Minimum unter 0° C. Schwarz = Monate mit über 100 mm Niederschläge.

Niederschläge fallen im Mittel etwa 1000 mm. Es sind meist längerdauernde, schwache Landregen mit einem schwachen Maximum in den Sommermonaten (Juli durchschnittlich 100 mm, Februar 38 mm). Zusätzliche Feuchte bringen im Frühjahr und Herbst Morgen- und Abendnebel (65 Nebeltage). Zusammenfassend kann man den Standort für den Pflanzenwuchs günstig nennen, nach Schätzung würde Fichte zwischen der 12. und 14. Ertragsklasse liegen. Gefährlich sind nur die Spät- und Frühfröste, da die angrenzenden Altbestände die Kaltluft am Abfließen hindern (frühester Frosttermin im langjährigen Durchschnitt der 21. 9., spätester der 12. 7.).

## Asiatische Baumarten

### 1. Koreanische Herkünfte

Die koreanischen Baumarten gelten als die interessantesten der Exotenfläche. Es sind zum größten Teil Erstanbauten in Deutsch-

land. Leider sind in dieser Gruppe die meisten Ausfälle festzustellen. Korea zählt zwar zum Holarktischen Florenbereich, aber es bestehen erhebliche klimatische Unterschiede gegenüber Europa. Typisch ist die ausgesprochene Periodizität der Klimaelemente Temperatur, Niederschlag und Luftdruck. Geprägt wird das Klima von den Monsunen. Im Winter bringt der Landmonsun extrem kalte Luft vom asiatischen Festland, im Sommer herrscht der Seemonsun mit heißen Temperaturen und hoher Luftfeuchte. Die starken Sommerniederschläge bringt nicht der Seemonsun, sie werden von Zyklonen und Taifunen ausgefällt. Außerdem herrschen noch Unterschiede zwischen Nordkorea bis zum 40° n. B. und der sich anschließenden eigentlichen Halbinsel. In Nordkorea sind kontinentale Einflüsse ausgeprägter, die Kaltlufteinbrüche kommen im Winter mehr oder weniger unmodifiziert an. Es herrschen Januartemperaturen bis unter — 20° C, es gibt bis zu 7 Frostmonate (Minima unter 0° C) und bis zu 4 Eismonate (Maxima unter 0° C). Die Sommertemperaturen dagegen sind in allen Landesteilen etwa gleich. Die mittleren Augusttemperaturen schwanken zwischen 20° und 25° C, die Maximalwerte liegen bei 35° bis 40° C. Die Winter in Südkorea sind milder. Auf dem Wege über die Halbinsel und die benachbarten offenen Meere mildert sich die Kälte und Trockenheit des Landmonsuns. Wir finden 3 bis 5 Frost-, aber keine Eismonate. Die Klimadiagramme (Abb. 2, 3) machen die Verhältnisse deutlich.

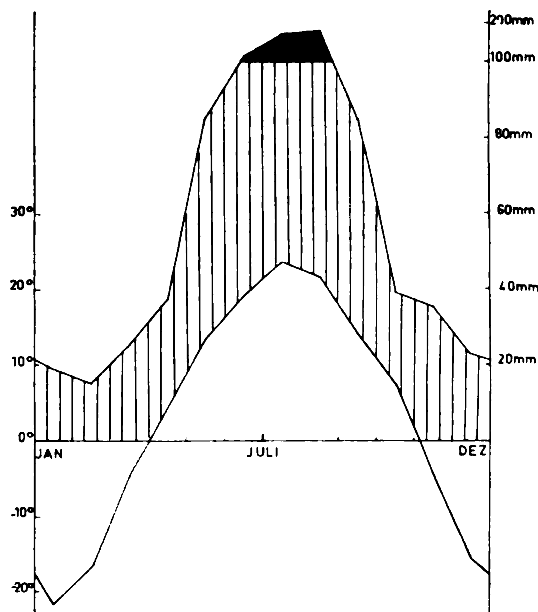



Abb. 2
Klimadiagramm von Chûkochin in Nordkorea (nach LAUTENSACH 1945). Legende s. Abb. 1.

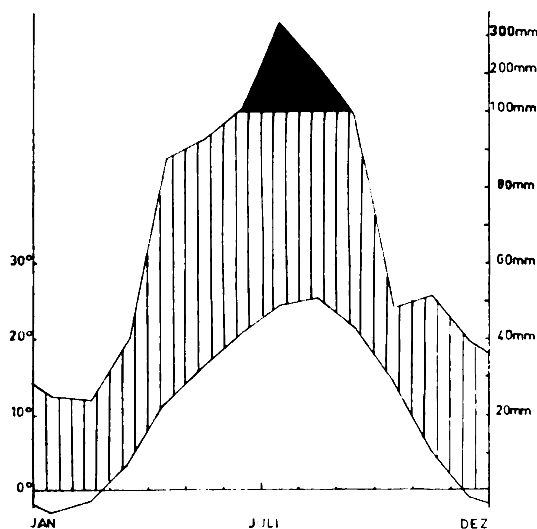



Abb. 3
Klimadiagramm von Kôka in Südkorea (nach LAUTENSACH 1945). Legende s. Abb. 1.

Vegetationskundlich unterscheidet Lautensach (LAUTENSACH 1945) 3 Hauptzonen. Im äußersten Süden wachsen bis in etwa 400 m Höhe die immergrünen Laubmischwälder. Nördlich und oberhalb schließen sich die sommergrünen Laubmischwälder an. Sie reichen im südlichen Teil bis in 1600 m Höhe, im Norden enden sie tiefer. Zwischen diese Zone und die Waldgrenze bei 2000 m bis 2500 m schiebt sich die Nadelwaldzone. Die Übergänge zwischen den Zonen vollziehen sich allmählich, Exposition und Bodenart ermöglichen viele Überlappungen, die oberen Laubwälder sind schon stark mit Nadelbäumen durchsetzt.

### *Laubbaumarten*

Alle ursprünglich auf der Exotenfläche ausgepflanzten Laubbäume stammen aus der 2. Zone. Als Herkunftsort wird die Gegend um die Hauptstadt Seoul angegeben (Höhenlage 200 m N. N.). Sie sind teilweise nicht in Korea beheimatet, sondern stammen aus anderen Gegenden Asiens und wurden versuchsweise angebaut.

In Freiburg wurden sie an der ungünstigsten Stelle der Fläche, am frostgefährdeten Unterhang, ausgepflanzt. In den Kriegszeiten unterblieben dann auch noch die Pflegeeingriffe. So sind die Versuche bis auf zwei Ausnahmen durch Frost, mangelnde Pflege oder Wildverbiß fehlgeschlagen. Ursprünglich waren vorhanden: *Alnus hirsuta* (Spach) *Rupr.*, *Acer triflorum Komar.*, *Acer ginnala Maxim.*, *Betula mandshurica v. japonica* (Miq.) *Rehd.*, *Cedrela sinensis Juss.*, *Juglans sinensis* (DC.) *Dode.*, *Quercus acutissima Carruthers.*, *Zelkova serrata* (Thunb.) *Mak.* Erhalten geblieben sind *Betula davurica Pall.* und *Juglans mandshurica Maxim.*

*Betula dahurica.* Ihr Verbreitungsgebiet umfaßt die sogenannten maritimen Provinzen Rußlands von Wladiwostok bis Nikolajewsk, Sachalin, die Mandschurei und Korea.

Auf der Versuchsfläche hatten die Bäume 1942 Höhen bis zu 12 m erreicht, die Schäfte aber waren krumm und vielfach geteilt. Frostschäden waren noch keine zu verzeichnen. Heute sind nur noch einige schlechtwüchsige mehr strauchartige Bäume vorhanden.

Von anderen Anbauversuchen dieser Baumart in Deutschland ist nichts bekannt.

*Juglans mandshurica.* Ursprünglich war diese Baumart nur in China verbreitet. Von dort aus hat sie ihr Areal über die Mandschurei, das untere Amurgebiet, bis nach Sachalin ausgedehnt. In Korea kommt sie nördlich des 37° n. Br. vor. Sie bevorzugt frische, tiefgründige Böden und bildet teilweise den Unterstand unter Nadelwälder. Ihr Holz und die Früchte sind bei den Koreanern sehr begehrt.

In Freiburg wurden zunächst nur einige Bäume am Rand der Fläche gepflanzt. Diese brachten seit 1940 fast alle Jahre reichlichen Fruchtertrag. 1956 konnte mit Sämlingen aus diesen Früchten die vom Borkenkäfer vernichtete *Tsuga heterophylla*-Fläche neu begründet werden. Die Kultur entwickelte sich sehr gut. Heute ist die Dickung etwa 5 m hoch und gleichmäßig dicht geschlossen. Ein Pflegeeingriff könnte die Qualität noch erhöhen.

Als Waldbaum wurde die *Juglans mandshurica* bisher in Deutschland noch nicht angepflanzt.

### *Nadelbaumarten*

In der zweiten Zone stocken neben und auf ärmeren Standorten anstatt der Laubhölzer *Pinus densiflora* Sieb. u. Zucc. und *Pinus*

*thunbergii* Parl. Pinus densiflora ist außer in Korea noch in der Mandschurei, in China und im Innern der japanischen Inseln verbreitet. Pinus thunbergii beschränkt sich auf die Küstenzonen in Japan und Korea. Beide sind wuchsfreudige Pionierbaumarten mit geringen Ansprüchen an Boden und Feuchte. Nach Katastrophen bilden sie häufig das erste Stadium der Sukzession zum Laubwald. Heute werden die ausgeplünderten Laubwälder künstlich in Kiefernbestände umgewandelt. Pinus thunbergii wächst bis in unmittelbare Meeresnähe, sie ist unempfindlich gegen den salzhaltigen Meereswind, gelegentliche Dürre oder Überflutung. Diese Eigenschaften empfehlen sie zur Dünenbefestigung. Weiter im Landesinnern bildet sie Mischbestände mit Pinus densiflora, die allmählich in Pinus densiflora-Reinbestände übergehen.

Beide Versuchsanbauten entwickelten sich von Anfang an ungleichmäßig mit Ausfällen. Sie litten unter Schnee und Frost. 1954 wurden beide Flächen geräumt, die eine wurde durch eine Mischpflanzung von Pappel, Thuja plicata, Tsuga heterophylla und Pseudotsuga menziesii ersetzt, die andere durch Quercus rubra.

*Pinus koraiensis* Sieb. und Zucc. Herkunft: Hosen, Höhenlage 180 m, Mittelkorea. Der Same stammt zwar aus der Zone der Laubmischwälder, doch handelt es sich bei dem Mutterbestand um eine Pflanzung außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes. Sie ist in Japan und Korea eigentlich ein Baum der Hochlagen, nur in der Mandschurei und den maritimen Provinzen Rußlands reicht sie auch in tiefere Lagen.

In Freiburg wurden 75 Pflanzen ausgebracht. Schon 1942 gab es viele Ausfälle, nur wenige waren gesund. Nach Berichten aus Japan ist sie sehr empfindlich gegen Sonneneinstrahlung und kann nur unter Schutz nachgezogen werden. 1955 zählte man noch 25 Pflanzen, sie waren der Beschreibung nach gut entwickelt, mit geraden Schäften, aber stark astig. Etwa die Hälfte der Kronen zeigte Wipfelbrüche. Heute sind es noch 8 geringwüchsige Bäume, die von eingeflogenen Laubhölzern und Lärchen hart bedrängt werden.

In Grafrath bei München gibt es noch einen Mischbestand aus Pinus strobus, Pinus koraiensis und Pinus cembra. Die Pinus strobus hat die beiden andern völlig überwachsen, Pinus koraiensis hält sich noch im Zwischenstand.

*Abies holophylla* Maxim. Herkunft: Hosen, Höhenlage 180 m, Mittelkorea. Auch die Abies holophylla ist kein typischer Baum der Laubwaldzone. Ihr Verbreitungsgebiet umfaßt in Korea die obere Laubwald- und die untere Nadelwaldzone, außerdem wächst sie noch in der Mandschurei bis zur russischen Grenze, dort aber in tieferen Lagen. Sie bildet nie Reinbestände. Außerhalb des Waldes wird sie wegen ihrer schönen, weitausladenden Form gerne in Kultstätten und Parks angepflanzt.

Der Versuchsanbau umfaßte 75 Pflanzen, die sich von Anfang an, trotz der frostgefährdeten Lage am Unterhang, gleichmäßig gut ohne Ausfälle entwickelten. Die Fläche wurde 1955 durchforstet. Heute besteht die Gruppe aus 26 Bäumen, dichtgeschlossen mit einer mittleren Höhe von 13 m und einem mittleren Durchmesser von 12,5 cm. Diese Werte liegen unter den Fichtenwerten und den Werten der amerikanischen Holzarten. Sie können etwa mit den Tannenwerten verglichen werden (diese sind aber für langfristig naturverjüngte Tannenbestände aufgestellt). Es ist bemerkenswert, daß sich trotz des langsamen Wachstums keine Frostschäden gezeigt haben.

*Abies nephrolepis* Maxim. Herkunft: Keizanchin, Höhenlage 1360 m, Nordkorea. Die Abies nephrolepis hat ein großes Verbreitungsgebiet. Sie kommt in Tibet vor, in China nördlich des Gelben Flusses, in Rußland, im Ussurigebiet und am unteren Amur, an der Ostküste Sibiriens, auf Sachalin und in Nordkorea. In Korea ist sie ein Baum der Nadelwaldzone in der Höhenstufe zwischen 1000 m und 2000 m.

Auf der Exotenfläche stockt sie direkt neben der Abies holophylla. Beide zeigten ähnliches Wachstum und wurden gleich behandelt. Die Abies nephrolepis-Gruppe umfaßt heute 46 Bäume im dichten Stand. In der Massenleistung liegt sie wegen der schlankeren Kronenform über der Abies holophylla. Wie das Diagramm (Abb. 4) vom Zuwachsgang zeigt, ist die Wasserver-

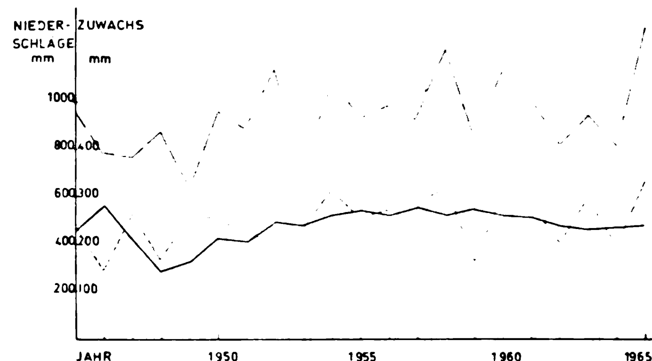



Abb. 4
Zuwachsgang der Abies nephrolepis Maxim.
— — = Summe der Niederschläge Januar - Dezember
- - - - = Summe der Niederschläge Mai - September
——— = Zuwachs (arithm. Mittel aus 10 herrschenden Stämmen)

sorgung nicht der begrenzende Wachstumsfaktor. Die Niederschlagsschwankungen wirken sich nicht aus. Nach einer anfänglichen Wuchshemmung im Bereich der Frostzone bis 1950 liegt der Zuwachs gleichmäßig bei 250 mm. Seit 1960 nimmt er kontinuierlich ab. Dies ist wahrscheinlich die Folge des zunehmenden Dichtschlusses der Fläche.

Abies holophylla und Abies nephrolepis sind sonst in Deutschland auf größeren Anbauflächen nicht vertreten.

*Larix gmelinii* (Rupr.) *Kuzeneva (L. dahurica Turcz.)* und *Larix gmelinii v. coreana* Nakai. Herkunftsgebiet: Nordkorea, Höhenlage 1600 m. Die Larix gmelinii ist hauptsächlich in Sibirien und der Mandschurei verbreitet, in Korea kommt sie nur im Kaimahochland im Norden vor. Die Varietät coreana wächst ausschließlich in der Nadelwaldzone Koreas. Sie bildet oft in reinen Gruppen in höchsten Gipfellagen die Waldgrenze, unterhalb ist sie mit anderen Nadelbäumen vergesellschaftet.

Beide Versuchsflächen wurden nebeneinander am Oberhang angelegt. Sie entwickelten sich ungleichmäßig mit vielen Ausfällen, bei L. gmelinii etwas weniger. Die Schaftformen der erhaltenen Bäume waren gut, die Kronen aber durch Schneebruchschäden bogig, krumm und zwieselig. Die Flächen wurden dreimal durchforstet und dabei Z-Stämme gefördert und geastet. 1954 wurden *Thuja plicata, Tsuga heterophylla, Pseudotsuga menziesii* und *Abies amabilis* untergebaut. Heute ist die Fläche nur teilweise geschlossen, die unterbauten Baumarten drängen mächtig nach. Mit Mittelhöhen von 16,10 m bei der *Varietät coreana* und 19 m bei Larix gmelinii erreichen sie für Lichtholzarten unbefriedigende Leistungen. Im Zuwachsablauf (Abb. 5) zeigt sich bei L. gmelinii eine Übereinstimmung mit der Niederschlagskurve. Auf dem flachgründigen, nach SW exponierten Oberhang ist bei einer schlechteren Wasserversorgung des Bodens der Wasserhaushalt nicht immer ausgeglichen. Trockenjahre machen sich durch Zuwachsrückgang bemerkbar.

In Deutschland berichtet Schenck (SCHENCK 1939) nur von einer größeren Anbaugruppe in Schrießheim, die inzwischen geräumt werden mußte. Bei der Varietät coreana handelt es sich um einen Erstanbau.

*Picea koyamai Shiras (P. koraiensis Nakai).* Herkunft: Keizanchin, Höhenlage 1360 m, Nordkorea. Ihr Verbreitungsgebiet umfaßt die Nadelwaldzone Nordkoreas, die angrenzenden Ge-

biete der Mandschurei und Japan. In feuchten Hochtallagen kann sie Reinbestände bilden, meist ist sie aber mit anderen Nadelbäumen vergesellschaftet.

Für den Anbauversuch standen nur 16 Pflanzen zur Verfügung. Sie entwickelten sich sehr langsam, waren aber gesund. 1955 wurden noch 11 Pflanzen gezählt, 1963 dagegen waren keine mehr vorhanden.

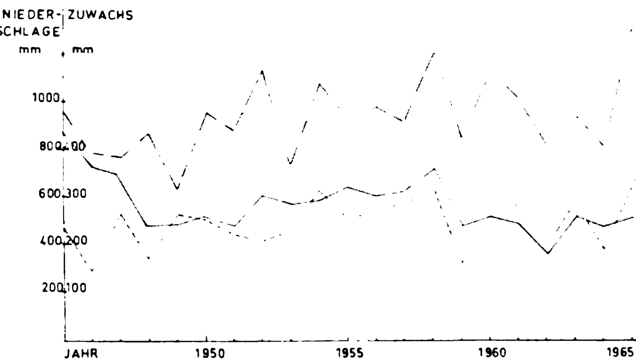



Abb. 5
Zuwachsgang der Larix gmelinii (Rupr.) Kuzeneva
— — = Summe der Niederschläge Januar - Dezember
- - - - = Summe der Niederschläge Mai - September
——— = Zuwachs (arithm. Mittel aus 10 herrschenden Stämmen)

Der Anbau in Freiburg war der erste in Deutschland.

*Pinus tabulaeformis* Carr. (P. leucosperma Maxim.). Herkunft: Mozan, Höhenlage 240 m, Nordkorea. Die Pinus tabulaeformis ist in Korea ursprünglich nicht heimisch. Ihr Areal erfaßt große Teile Chinas. Sie wurde aber bereits vor 200 Jahren nach Korea gebracht, häufig als Parkbaum in der Nähe heiliger Stätten und in Alleen, die zu diesen führen. Der Same der Versuchsherkunft stammt aus solch einem Tempelbestand.

Die 1100 Versuchspflanzen litten immer unter Schnee. 1950 wurde der Bestand noch als locker geschlossen beschrieben mit schlechten Stammformen. 1963 war die Fläche völlig verlichtet. Sie wurde mit Pseudotsuga menziesii und Thuja plicata unterbaut. Heute ist Pinus tabulaeformis nur auf 40 % der Fläche vorhanden, aber auch dieser Rest hat noch laufend Abgänge durch Borkenkäfer und Hallimasch. Die besten Bäume waren im Alter 36 16 m hoch und hatten Brusthöhendurchmesser von 16 cm.

Die Fläche in Freiburg ist der einzige bekannte größere Anbau in Deutschland.

### 2. Japanische Herkünfte

*Larix leptolepis* (Sieb. u. Zucc.) Gord. Herkunft: unbekannt. Das natürliche Verbreitungsgebiet der Larix leptolepis ist auf die zentralen Provinzen der Insel Hondo beschränkt. Sie liebt dort tiefgründige, kalkreiche Böden aus vulkanischen Verwitterungsmaterialien, besiedelt aber auch nach Katastrophen frischverschüttete Flächen. Auf diesen jungen Standorten bildet sie Reinbestände, sonst ist sie mit anderen Nadelhölzern in Mischbeständen zu finden. Das Klima im natürlichen Areal wird durch die Meeresnähe und die Einwirkung der Monsunwinde bestimmt. Es herrschen heiße, sehr niederschlagsreiche Sommer mit hoher Luftfeuchte und kalte, relativ trockene Winter.

Der Anbau in Freiburg war von Beginn an den beiden benachbarten koreanischen Lärchen überlegen. Es zeigte sich bereits 1942 eine lebhafte Bestandesausscheidung, die Fläche war aber doch gut geschlossen. Außer einer leichten Krümmung an den Stammfüßen haben Frost und Schnee keine Schäden hinterlassen. Die Bäume sind geradschaftig und kräftig, die besten wurden geastet. Nach einer Durchforstung 1954 unterbaute man die Fläche mit Abies grandis und Pseudotsuga menziesii. Die Stämme stehen weitständig, so daß sich die Kronen sehr breit entwickelten. Der Unterstand leidet unter Lichtmangel. Bei der Aufnahme 1964 hatte Larix leptolepis mit 32,20 cm den größten mittleren Brusthöhendurchmesser aller Anbauten. Die Tabelle gibt die Entwicklung wieder:

| Jahr | Alter | Anzahl | hm | dm | Fläche ha |
|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 12 | — | 8,00 | | |
| 1945 | 18 | — | 12,65 | | |
| 1950 | 23 | — | 13,50 | 19,10 | |
| 1964 | 37 | 18 | 25,10 | 32,20 | 0,06 |

*Abies sachalinensis* Mast. Herkunft: unbekannt. Das Areal der Abies sachaliensis umfaßt das nördliche japanische Inselgebiet (nicht die Insel Hondo), Sachalin und die Inseln zwischen Japan und Rußland. Sie wächst in Mischbeständen und verträgt in der Jugend längere Überschattung.

Die Versuchspflanzen litten unter Frost und konkurrierendem Unkraut, sie waren bis 1942 schon mehrfach zurückgefroren. 1955 fand man noch einige Reste, 1963 waren auch diese verschwunden.

### 3. Baumarten aus dem Himalajagebiet

*Abies pindrow* Royle., Herkunftsgebiet: unbekannt, Höhenlage 3000 - 3600 m. Abies pindrow ist im ganzen Himalajagebirge verbreitet und zwar in Höhenlagen zwischen 2000 m bis 3600 m. Sie bildet meist Mischbestände mit *Picea smithiana*, *Cedrus deodara*, *Pinus griffithii* sowie *Quercus*- und *Acerarten*. Unter lichten Cedrus- und Pinusbeständen verjüngt sie sich reichlich, in dichteren Beständen fehlt die Verjüngung.

Der Versuch in Freiburg mißlang völlig. 1942 fand man nur noch 4 im Gras verbuttete Pflanzen, 1955 waren auch diese nicht mehr vorhanden. Andere Versuche mit dieser Baumart in Deutschland sind nicht bekannt.

*Cedrus deodara* (Roxb.) Loud. Herkunftsgebiet: unbekannt, Höhenlage 3000 m bis 3600 m. Das Verbreitungsareal umschließt die westlichen Teile des Himalajagebirges bis in die unteren Lagen des Punjab. Klimatisch ist dieses Gebiet recht unterschiedlich, große Teile liegen im Schatten des feuchten Sommermonsuns, das Punjabgebiet dagegen ganz in dessen Einflußbereich. Je trockener der Standort, desto höher der Anteil der Cedrus deodara in den Nadelholzmischbeständen. Heute werden in großem Stil Aufforstungen mit Reinbeständen dieser wertvollen, aber empfindlichen Baumart versucht.

In der Exotenfläche zeigte die Cedrus deodara anfangs die beste Entwicklung der drei angebauten Zedernarten. Erst nach den sehr kalten Wintern 1939/1940 und 1940/1941 gab es viele Ausfälle durch Frost. 1955 waren noch zwei etwa 6 m hohe Bäume vorhanden. Im Winter 1956 wurden auch diese vom Frost vernichtet.

*Pinus griffithii* McClelland. (P. excelsa Wall.). Herkunft: 1. Kaschmir, Höhenlage 2380 m, 2. Distrikt Kangra Punjab. Höhenlage 230 m. Die Pinus griffithii kommt im ganzen Himalaja und den Vorgebirgen vor. Die Klimaverhältnisse schwanken in diesem Raum beträchtlich. Kennzeichnend sind überall kontinentale Einflüsse mit starken Temperaturschwankungen. Der Bereich der Herkunft 1 liegt im Regenschatten des Sommermonsuns, der der Herkunft 2 ist ganz dessen Einflüssen ausgesetzt.

Leider war es nicht möglich, diese Parallelversuche über längere Zeit zu verfolgen. Bereits 1942 waren die Flächen vom Blasenrost (Cronartium ribicola) befallen. Herkunft 1 hatte einzelne Abgänge, bei Herkunft 2 fehlten 2/3 der Pflanzen. Außerdem litten beide in gleicher Weise unter Schneebruch und Schneedruck. Heute

ist noch ein Baum übrig, er hat sich als Solitär kräftig entwickelt (19 m h, Brusthöhendurchmesser 26 cm).

Schencks Hoffnung (SCHENCK 1939) in *Pinus griffithii* einen frostharten und wenig blasenrostgefährdeten Ersatz für Pinus strobus gefunden zu haben, hat sich nicht erfüllt. Eine andere Versuchsfläche in Weinheim blieb zwar vom Blasenrost verschont, zeigte aber schlechte Stammformen und unbefriedigende Wuchsleistungen.

### Baumarten aus dem Mittelmeergebiet

*Cedrus atlantica* Manetti und *Cedrus libani* A. Rich. Das Verbreitungsgebiet der Cedrus atlantica umfaßt in Nordafrika das Atlasgebirge von Marokko, das Hochplateau von Algerien und das Baborgebirge östlich von Algier. Die *Cedrus libani* hat zwei getrennte Vorkommen, den Libanon und das Gebiet des Taurus und Antitaurus.

Auf der Exotenfläche stocken beide neben *Cedrus deodara.* Auch sie litten unter Frost und Schnee. 1956 waren von Cedrus atlantica noch vier, von Cedrus libani noch fünf Bäume vorhanden. Die Schäfte sind stark astig und krumm, die Kronen lang, vom Schnee geschädigt.

Zedern finden sich in Deutschland oft als Garten- und Parkbäume.

*Picea omorika* (Pančic) Purkyne. Das natürliche Areal der Picea omorika beschränkt sich auf ein kleines Vorkommen in Jugoslawien beiderseits der Drina nördlich von Višegrad. Trotz der reichlichen Niederschläge bis zu 1500 mm (Min. Juli/August) ist dies ein Trockenstandort, da der Kalkboden das Wasser nicht zu halten vermag.

Die 240 Versuchspflanzen wuchsen gleichmäßig, ohne Ausfall und hatten Höhentriebe bis zu 50 cm. Die Schäfte sind gerade und vollholzig, die Kronen schmal und spitz. Heute ist die Fläche dicht geschlossen, ohne Ausfälle durch Frost, Schnee oder Sturm. Folgende Tabelle gibt die Entwicklung wieder.

| Jahr | Alter | Anzahl | hm | dm | Fläche ha |
|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 12 | 240 | 1,70 | | |
| 1945 | 18 | | 5,90 | | |
| 1964 | 37 | 109 | 14,50 | 12,40 | 0,026 |

Wie das Diagramm (Abb. 6) zeigt, erreicht die Mittelhöhenkurve etwa die der Fichte EKL 12, die Massenwerte liegen auf der sehr stammzahlreichen Fläche über den Fichtenwerten dieser Ertragsklasse.

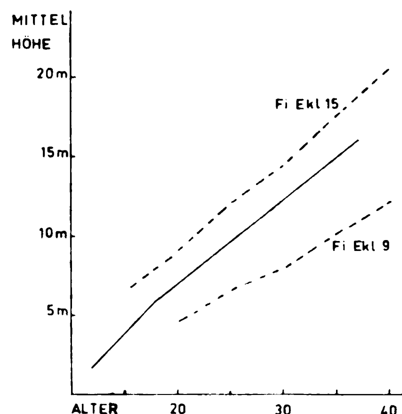



Abb. 6
Mittelhöhenentwicklung der Picea omorika.
- - - - - = Fichtenwerte nach den Ertragstafeln der Hilfstabellen für die Forsteinrichtung des Landes Baden-Württemberg (1966)
——— = Werte der Picea omorika

Auch in anderen badischen Versuchsflächen hat sich Picea omorika bewährt. Sie war überall frosthart und zeigt auch auf kalkigen Standorten keinen Rotfäulebefall (KRUTZSCH, P. 1955). In der Wachstumsleistung liegt sie etwas unter der einheimischen Fichte. Durch ihre schmale Kronenform müßte sie sich für schneebruchgefährdete Lagen eignen. Es wurden aber auf einer Versuchsfläche im Forstamt St. Blasien erhebliche Schneebruchschäden festgestellt.

### Nordamerikanische Baumarten

Aus Nordamerika wurden 39 Baumarten auf der Exotenfläche angebaut. Unter ihnen finden sich die gesündesten und leistungsstärksten. Sie erreichen zwar nicht die gleichen Massen- und Höhenwerte wie in ihrer Heimat, liegen aber über den heimischen und anderen fremden Baumarten. Im Gegensatz zu Korea sind in weiten Bereichen Nordamerikas die klimatischen Unterschiede zu Mitteleuropa in den für den Pflanzenwuchs entscheidenden Faktoren nicht so ausgeprägt. Nach Knapp (KNAPP 1964) entsprechen bestimmte Vegetationsbereiche ganz bestimmten Klimagebieten. Er unterscheidet bei den bewaldeten Teilen die sommergrünen Laubwälder des östlichen und südöstlichen Nordamerikas, im Norden den riesigen Raum des borealen Nadelwaldes, im westlichen Nordamerika die hochmontanen (canadian) und subalpinen (hudsonian) Nadelwälder, darunter die pazifiknahen Nadelwälder des nordwestlichen Nordamerika und die Trockenkoniferenwälder des mittleren Nordamerika.

#### *Laubbaumarten*

Die Zone der sommergrünen Laubwälder reicht von der mittleren Ostküste über das Gebiet der großen Seen zum oberen Mississippi, im Südwesten bis Texas und im Süden zum Golf von Mexiko. Im Norden gibt es Überlappungen mit dem borealen Nadelwald, im Westen mit der Prärie. Die Klimawerte in diesem großen Raum schwanken beträchtlich, es herrschen aber meist kontinentale Einflüsse vor. Das Klimadiagramm von Columbus (Abb. 7) gibt die Verhältnisse im zentralen Gebiet wieder. Die

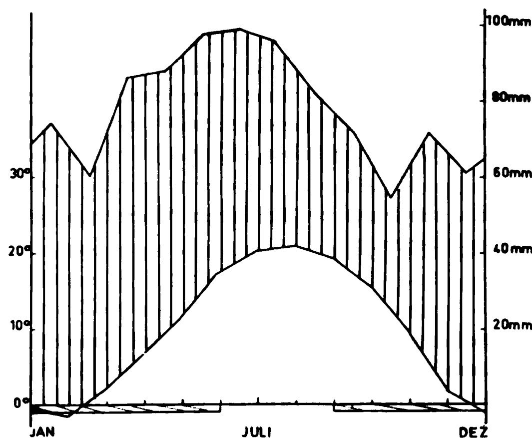



Abb. 7
Klimadiagramm von Columbus (nach KNAPP, 1965).
Legende s. Abb. 1.

Hölzer aus dieser Zone, Acer saccharum Marsh. (A. eriocarpum Michx.) und Juglans cinerea L., sind durch Frost und mangelnde Pflege verloren gegangen. Von Juglans nigra L. und Liriodendron tulipifera L. sind noch Reste vorhanden.

*Liriodendron tulipifera* L. Der Tulpenbaum ist im ganzen Bereich der östlichen Laubwälder vertreten. Er gedeiht auf fast

allen Standorten außerhalb der Auenbereiche. Charakteristisch sind die geraden, astfreien Stämme, oft über 30 m hoch. Liriodendron tulipifera gilt als wertvollste Baumart der Laubwaldzone, er wächst schneller als die Begleitbaumarten und bildet über diesen oft die Oberschicht.

Die Fläche in Freiburg war schon 1942 stark verlückt, die Pflanzen zeigten aber keine Frostschäden. Schädlich waren die frühen Schneefälle in den Wintern 1939 - 1941. Heute stehen in lichter Stellung noch 25 Stämme, die in Qualität und Wuchsleistung recht unterschiedlich sind. Nur etwa 1/3 sind geradschäftig mit hochangesetzten Kronen (Höhe 25 m, Durchmesser in Brusthöhe 25 cm). Die übrigen haben starke Schneebruchschäden. Nach der Meinung Zentgrafs (ZENTGRAF 1942) hätte rechtzeitige Jungwuchspflege die Qualität erheblich verbessert.

In Deutschland haben von vielen Anbauversuchen nur wenige völlig versagt, gelungene Versuche sind aber selten. Oft war eine der nötigen Voraussetzungen — voller Lichtgenuß, geschützter Standort, guter Boden, Schutz vor Mäusen und Hasen, intensive Pflege und Läuterung — nicht gegeben. In Weinheim findet sich ein sehr schöner Bestand von hoher Wuchsleistung und guter Qualität (A 35, hm 23 m, dm 24 cm).

*Juglans nigra* L. Das Verbreitungsgebiet umfaßt mehr die nördöstlichen Teile der sommergrünen Laubwaldzone. Juglans nigra bildet nie Reinbestände, sondern ist einzeln und truppweise in den Laubwald eingesprengt. Versuche, sie wegen ihres geschätzten Holzes (Gewehrschäfte) auf größeren Flächen rein anzupflanzen, sind gescheitert.

Die Pflanzen in Freiburg entwickelten sich bis 1942 ohne größere Ausfälle, wiesen aber starke Spätfrostschäden auf. Anschließend ist der Bestand stark verlichtet, heute sind es noch einige schlechtformige Stangen, etwa 15 m hoch und zwischen 10 - 15 cm stark.

Seit den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurden in Europa viele Versuche mit Juglans nigra ausgeführt, nur etwa 10 % sind nach Schenck (SCHENCK 1939) zufriedenstellend. Die andern litten unter Frost, Mäusen oder mangelnder Pflege.

Das Areal der *Alnus rubra* Bong. fällt nicht in das Gebiet des östlichen Laubwaldes. Sie besiedelt die unteren Hanglagen der Flußtäler westlich der Kaskaden von British Columbia bis Oregon. Nach Bränden kann sie als Pionierbaumart Flächen ganz erobern, wird aber später von Nadelbäumen abgelöst.

Der Versuch umfaßte 1942 noch 38 Bäume. Sie waren zwischen 4 - 7 m hoch, teils geradschäftig, teils buschförmig. Bei den folgenden Aufnahmen wurde Alnus rubra nicht mehr erwähnt. Heute sind noch einige Stämme vorhanden, etwa 14 m hoch und 13 cm mittlerer Durchmesser. Sie haben schlechte Schaft- und Kronenformen.

Alnus rubra wurde auf der Freiburger Fläche zum ersten Mal in Deutschland angebaut.

### *Nadelbaumarten*

Im nordöstlichen Bereich der sommergrünen Laubwälder sind den Laubbäumen Nadelbäume beigemischt. Auf armen, sauren und sandigen Böden stocken Wälder mit *Pinus strobus* L. und *Pinus resinosa* Ait., auf frischeren Standorten, nach Kahlschlägen oder Bränden, ist Pinus banksiana beigemischt. Im Gegensatz zur Freifläche ist die Verjüngung der Pinus resinosa unter Schirm schwierig, die jungen Pflanzen sind sehr empfindlich gegen Schatten. Die Pinus resinosa ist weniger anspruchsvoll und feuerfester als ihre Begleitholzarten, sie ist häufig die Hauptbaumart in den Mischwäldern. Diese Kiefernbestände waren lange Zeit die wichtigste Grundlage der Holzproduktion Nordamerikas. Heute sind die Altbestände durch die unpflegliche Nutzung weitgehend vernichtet, die Folgebestände setzen sich aus Laubbäumen mit geringen Anteilen der Pinus ponderosa zusammen.

Auf dem guten Standort in Freiburg entwickelten sich die Pflanzen gleichmäßig und üppig, vereinzelt waren sie krummschäftig und hatten Doppelwipfel durch Wicklerschäden. Sobald die Dickung geschlossen war, setzten schwere Schneebruchschäden ein. 1963 war die Fläche nur noch locker geschlossen, es gab viele Ausfälle und kümmernde Bäume. Inzwischen sind Laubbäume in die oberste Schicht durchgewachsen und verdrängen die Kiefern. Nur wenige zeigen guten Wuchs und schöne Schaft- und Kronenformen, die andern haben Wickler-, Borkenkäfer- und Fäuleschäden.

Die übrigen Nadelbäume stammen alle aus dem westlichen Nordamerika. *Abies amabilis* (Dougl.) Forb. ist ein Vertreter der hochmontanen und subalpinen Nadelwälder. Typisch für diese Zone sind sehr lange, kalte Winter und eine kurze Vegetationszeit. Abies amabilis wurde vom Erlenschutzbestand überwachsen und ist verschwunden. Auch der Versuch mit *Abies concolor* (Gord.) Hoopes. aus dem unteren Grenzbereich der hochmontanen Wälder ist mißlungen. Die Pflanzen litten stark unter Schneebruch und -druck. Nur wenige sind wüchsig, sie erreichten im Alter 36 eine mittlere Höhe von 16,5 m und einen mittleren Durchmesser von 24 cm.

An die hochmontanen und subalpinen Wälder schließen sich entlang der Westküste, westlich der Küstengebirge und des Kaskadenkammes, die pazifiknahen Nadelwälder an. In ihrem Bereich herrscht, durch den Einfluß des Pazifik und einer warmen Meeresströmung (Kuro-Shio-Trift) ein ausgeglichenes Klima. In Nordkalifornien betragen die mittleren Jahrestemperaturen 10° bis 14 °C, im Bereich der Südgrenze Kanadas 5° bis 7 °C. Die Temperaturschwankungen im Verlauf des Jahres sind gering, im Süden liegen sie unter 10 °C (Abb. 8). Niederschläge fallen reichlich, nördlich von Oregon liegen sie über 2000 mm, an keinem

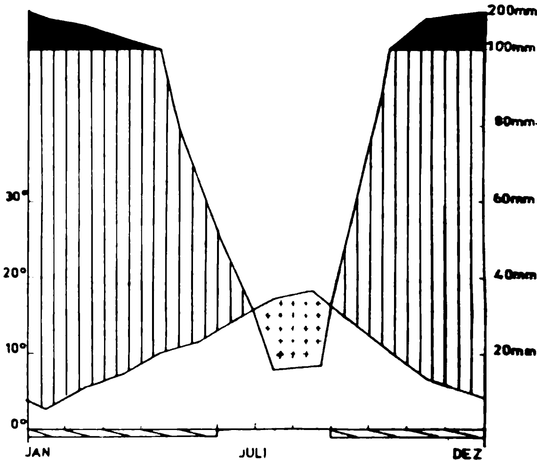



Abb. 8
Klimadiagramm von Olympia (nach KNAPP, 1965).
Legende s. Abb. 1.

Ort unter 800 mm. Doch liegt, anders als in unserem Raum, überall das Niederschlagsmaximum in den Wintermonaten. Durch diese unterschiedliche Niederschlagsverteilung wird das Feuchtedefizit etwas ausgeglichen. Den Baumarten aus dieser Zone steht auch bei uns auf geeigneten Standorten während der Vegetationszeit genügend Feuchte zur Verfügung. In Nordamerika mildern eine hohe Luftfeuchte, häufige Nebel und dichte Wolkendecken die Auswirkungen der „Sommertrockenheit". Unter diesen Klimaverhältnissen herrschen Wuchsbedingungen, die sonst nirgends auf der Welt gegeben sind. Die Nadelbäume zeigen einmalige Leistungen in Höhe und Masse.

Typisch für diesen Wuchsbezirk sind als Klimaxwälder Bestände mit einem Grundbestand aus Abies grandis, Thuja plicata und

Tsuga heterophylla, zu denen sich je nach Standort andere Baumarten gesellen. Heute sind, durch häufige Katastrophen und durch die Nutzung, andere Stadien der Sukzession mit hohem Anteil an Douglasie und Pinusarten häufiger.

Das Verbreitungsgebiet der *Abies grandis* (Dougl.) Lindl. reicht noch über den Bereich der pazifiknahen Nadelwälder hinaus. Es haben sich viele Ökotypen herausgebildet, die sich in Inlandformen und Küstenformen trennen lassen. Bei der im Versuch verwandten Herkunft handelt es sich um eine Küstenform aus Washington, Höhenlage 300 - 600 m. Für ihre Verbreitung ist der hohe Feuchtigkeitsanspruch der begrenzende Faktor, man findet sie nur westlich des Kaskadenkammes. Sie erreicht maximal Höhen von über 70 m, im Durchschnitt liegen die Werte zwischen 25 - 35 m.

Der Anbau in Freiburg umfaßte 574 Pflanzen. Sie litten anfangs zum Teil unter der Konkurrenz des Graswuchses und unter Schneebruch. Die nichtgeschädigten entwickelten sich prächtig. Bei der Aufnahme 1963 hatte die Abies grandis die beste Massenleistung, einzelne hatten bereits die 5. Homaklasse erreicht. Der Bestand war in lockerem, stuffigem Schluß. Der Sturm im Frühjahr 1967 hat die Fläche stark geschädigt, nur 30 Bäume sind erhalten. Das Leistungsdiagramm (Abb. 9) zeigt die überragende

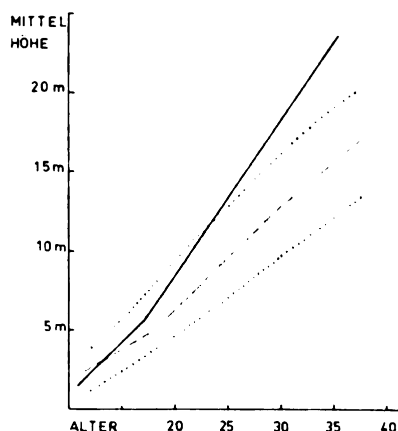



Abb. 9
Entwicklung der Mittelhöhe der Abies grandis Lindl.
----- = durchschnittliche Mittelhöhenentwicklung der gesamten Fläche
...... = Streuungsbereich der Flächenkurve
——— = Mittelhöhenentwicklung der Abies grandis

Wuchsleistung bis zum Sturmschaden. Gerade das enorme Höhenwachstum erweist sich als gefährlich, die Pflanzen bieten dem Wind früh große Angriffsflächen. Bei der Aufarbeitung der Sturm hölzer hat sich weiterhin gezeigt, daß die Stämme bereits mit vierzig Jahren kernfaul waren. In Amerika ist das Holz nicht sehr beliebt, es hat eine geringe Festigkeit und in frischem Zustand einen starken, unangenehmen Geruch.

Auch das Verbreitungsgebiet der *Thuja plicata* Don. umfaßt den ganzen Bereich der pazifiknahen Nadelwälder. Neben *Tsuga het.* und *Abies grandis* kommen in den Mischwäldern noch Pseudotsuga menz. und Pinus monticola vor. Die Verjüngung der Thuja plicata gelingt nur im Schatten der Altbestände. Sie ist in der Jugend langsamwüchsig und verträgt sehr lange Zeit Überschattung. Auf Freistellung reagiert sie noch im hohen Alter mit kräftigem Zuwachs. In feuchten Lagen kann sie bis 1000 Jahre alt werden und erreicht maximal Höhen zwischen 50 - 60 m und Durchmesser bis zu 6 m. Das Holz ist seit altersher sehr begehrt, es ist leicht und doch dauerhaft. Wegen seiner Geradfaserigkeit läßt es sich leicht spalten und bearbeiten. Es war eine der Voraussetzungen der relativ hohen Kultur der Indianer der Westküste. Sie verfertigten aus Thujaholz viele Kult- und Gebrauchsgegenstände, Häuser und Boote. Auch heute ist es als Qualitätsholz sehr geschätzt.

Die 900 ausgepflanzten Thujen entwickelten sich gleichmäßig gut. Es traten an dem frischen Unterhang keine Frostschäden auf, obgleich die Pflanzen auf der Freifläche ohne Schutz ausgebracht wurden. Die Schäfte der Bäume waren gerade, die Kronen voll und kegelförmig. 1960 gab es in der dichtgeschlossenen Fläche Schneebruchschäden, die durch eine rechtzeitige Durchforstung hätten vermieden werden können. 1963 zeigte der Bestand bereits einen stufigen Aufbau, einige gutentwicktelte Bäume hatten sich in den Oberstand geschoben. An den Bestandesrändern, an lichteren Stellen begann schon die Naturverjüngung. Durch den Sturm 1967 wurden nur wenige Stämme in den feuchtesten Partien geworfen, der Bestand blieb unversehrt.

Die *Thuja plicata* hatte bei der Aufnahme 1964 die höchste Massenleistung.

| Jahr | Alter | Anzahl | hm | dm | Fläche ha |
|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 11 | 900 | 2,70 | | |
| 1945 | 17 | | 5,85 | | |
| 1964 | 36 | 229 | 18,20 | 18,20 | 0,09 |

Die gesunde, gute Entwicklung und die hervorragenden waldbaulichen Eigenschaften empfehlen weitere Versuche mit Thuja plicata als Unterbau- oder Mischholzart auf gut wasserversorgten Standorten.

Das Vorkommen der *Tsuga heterophylla* (Rafn.) Sarg. deckt sich ungefähr mit dem der Thuja plicata, sie reicht in den Kaskaden höher und dringt etwas weiter nach Norden vor. Im Gegensatz zu Thuja plicata bildet sie im Nebelgürtel von British Columbia und Washington nicht selten Reinbestände. In der Höhen- und Massenleistung gleicht sie der Thuja plicata. Das Tsugaholz ist wenig geschätzt, es ist nicht dauerhaft und anfällig gegen Pilze und Käfer. Früher wurde es häufig im Bestand gelassen, heute wird es hauptsächlich zu Zellulose verarbeitet.

In Freiburg stockt die Tsuga heterophylla oberhalb der Thuja plicata auf einem etwas trockeneren Standort. Der Anbauversuch umfaßte 1100 Pflanzen. Sie entwickelten sich ungleichmäßig, hatten einzelne Fehlstellen und waren empfindlich gegen die Sonneneinwirkung. Im Frühjahr 1940 zeigte sich nach Frösten eine Rotfärbung, von der die Pflanzen sich aber wieder erholten. 1950 vermehrte sich in Durchforstungsrückständen ein Tannenborkenkäfer. Dieser Schädling vernichtete in den folgenden Jahren die gesamte Fläche bis auf wenige Randbäume. Nach der Räumung wurde mit Juglans mandshurica ein neuer Anbauversuch begründet.

In Deutschland hat sich nach Querengässer (Querengässer 1953/1954) die Tsuga heterophylla nur in feuchten und geschützten Standorten als wüchsig und gesund erwiesen.

Die *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl. hat ihr Hauptaeral in einem 17 - 70 km breiten Streifen entlang des Westabhangs der Küstenkette vom südöstlichen Oregon bis zum nordwestlichen Kalifornien. Er beginnt 5 - 10 km von der Küste entfernt und steigt bis in Höhen von 1500 m. Weiter östlich gibt es einige zerstreute Vorkommen. Die auf der Exotenfläche verwandten Pflanzen stammen aus drei verschiedenen Höhenlagen in Oregon (100 m, 200 m, 350 m). Die Chamaecyparis bildet selten Reinbestände, meist wächst sie in Mischbeständen mit mehrschichtigem Aufbau. Sie ist dort in allen Schichten vertreten, aber nie mit einem höheren Anteil als 50 %. In den obersten Schichten ist ihr Douglasie und Abies grandis beigemischt, in den unteren Tsuga het. und Thuja plic. Bei genügender Feuchtigkeit verjüngt sie sich im Schatten des Altbestandes reichlich. Sie erreicht Höhen zwischen 37 - 57 m, Durchmesser von 1 - 1,80 m und Alter bis zu 600 Jahren. Das Holz ist äußerst haltbar und wird gerne zu strapazierfähigen Bodenbelägen verwandt.

Bis 1950 konnten die drei Herkünfte getrennt verfolgt werden. Alle drei entwickelten sich gleichmäßig, ohne Ausfälle, wobei Herkunft zwei den andern im Höhenwachstum leicht überlegen war. 1955 waren die Abgrenzungen verloren gegangen. Die ganze Fläche sah gleichwüchsig aus und zeigte keine Differenzierungen. Heute ist der Bestand ein dichtgeschlossenes Stangenholz mit geraden, vollholzigen Schäften. Die Stämme sind teilweise geastet; die nichtgeasteten sind feinästig, die natürliche Astreinigung hat bereits eingesetzt. Die Kronen sind kegelförmig und gut entwickelt.

| Jahr | Alter | Anzahl | hm | dm | Fläche ha | Herkunft |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8 | 26 | 2,50 | | | 1 |
| 1939 | 8 | 105 | 3,00 | | | 2 |
| | 8 | 64 | 2,85 | | | 3 |
| | 14 | | 4,00 | | | 1 |
| 1945 | 14 | | 6,20 | | | 2 |
| | 14 | | 4,00 | | | 3 |
| 1950 | 19 | | 8,60 | 10,50 | | 1, 2, 3 |
| 1964 | 33 | 50 | 17,50 | 16,70 | 0,03 | 1, 2, 3 |

Andere badische Versuchsflächen zeigen nach Krutzsch (KRUTZSCH 1955) ähnlich gute Ergebnisse. Die besten Leistungen finden sich in mittleren Höhenlagen. Vereinzelt gab es Schäden durch Schnee und Frost. Die guten waldbaulichen Eigenschaften und die befriedigende Massenleistung lassen weitere Versuche lohnenswert erscheinen.

Das Vorkommen der *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. folgt der Westküste vom nördlichen Kalifornien bis in die südöstlichen Teile von Alaska. Beste Wuchsleistungen zeigt sie im Küstengebiet von Oregon bis Vancouver in einer Höhenlage bis 600 m. Die Sitkafichte besitzt ausgezeichnete waldbauliche Eigenschaften: Sie ist langlebig, verträgt zeitweilig Schatten, hat ein rasches Jugendwachstum und reagiert auf Lichtgenuß mit kräftigem Zuwachs. Unter günstigen Bedingungen wird sie 50 - 80 m hoch. Sie bildet selten Reinbestände, ihre Hauptbegleitbaumarten sind Tsuga heterophylla und Thuja plicata. In diesen Mischbeständen kann die Sitkafichte mit einem Anteil bis zu 50 % beteiligt sein. Die Verjüngung gelingt am besten auf der Freifläche. Aber auch im Bestand findet man häufig junge Pflanzen auf Stubben und umgefallenen toten Bäumen. Sie sind dort vor der Konkurrenz geschützt und genießen mehr Licht. Das Holz der Picea sitchensis gilt als hochwertiges Bauholz.

In der Exotenfläche stockt die Picea sitchensis in einer feuchten Mulde der mittleren Hangzone. Sie erwuchs sehr rasch ohne Ausfälle. Noch mit 26 Jahren hatte sie Gipfeltriebe bis zu 30 cm.

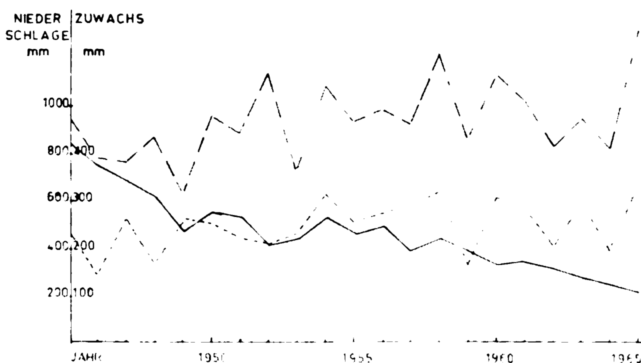



Abb. 10
Zuwachsgang der Picea sitchensis (Bong.) Carr.
— — = Summe der Niederschläge Januar - Dezember
- - - - = Summe der Niederschläge Mai - September
——— = Zuwachs (arithm. Mittel aus 10 herrschenden Bäumen)

Heute zeigt die dichtgeschlossene Fläche einen stufigen Aufbau. Die herrschenden Stämme haben gute Stamm- und Kronenformen, im Zwischenstand gibt es bereits Abgänge. Eine Durchforstung ist dringend nötig. Dies zeigt auch das Diagramm vom Zuwachsgang (Abb. 10). Die Zuwachsentwicklung zeigt ab Alter 20 eine enge Übereinstimmung der Zuwachs- und Niederschlagsminima. Seit die Fläche in zu dichten Schluß getreten ist, sinkt der Zuwachs gleichmäßig ab. Vergleicht man die Höhen und Massenleistung mit der Sitkaertragstafel von Schober (SCHOBER 1962), so erreichen die Höhenwerte die der Leistungsstufe 13, die Massenleistung liegt 30 % über den Werten dieser Stufe.

| Jahr | Alter | Anzahl | hm | dm | Fläche ha |
|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 12 | 169 | 4,30 | | |
| 1945 | 18 | | 6,85 | | |
| 1964 | 37 | 69 | 18,20 | 17,80 | 0,044 |

In Deutschland ist die Picea sitchensis schon weit verbreitet. Die Anbauerfolge sind recht unterschiedlich. Die gelungenen Versuche stocken auf feuchten Standorten oder solchen mit reichen Niederschlägen (Küstengebiet oder Mittelgebirge).

Das Verbreitungsgebiet des *Calocedrus decurrens* (Torr.) Florin liegt im Übergangsbereich zwischen den pazifiknahen Feuchtkoniferenwäldern und den weiter von der Küste entfernten Trockenkoniferenwäldern. Das Hauptvorkommen erstreckt sich am Westabhang der Sierra Nevada in einem Höhengürtel zwischen 800 - 1800 m. Ausläufer reichen bis ins südöstliche Oregon und die Gebirge des nördlichen Mexiko. Die Freiburger Herkunft stammt aus Oregon, aus einer Höhenlage zwischen 600 - 900 m. Calocedrus bildet keine Reinbestände. In den feuchteren Lagen ist sie mit Abies concolor v. l., *Abies magnifica, Pseudotsuga menz., Sequoiadendron giganteum* und anderen vergesellschaftet, in den unteren, trockeneren Lagen mit Pinusarten. Auf guten Standorten verträgt sie längere Zeit Beschattung und bildet oft die zweite Schicht in lichten Nadelholzmischbeständen.

Im Exotengarten wurden zwei kleine Anbaugruppen von Calocedrus am Unterhang auf feuchtem, tiefgründigen, aber frostgefährdetem Standort ausgepflanzt. Die Jugendentwicklung war ungleichmäßig, es gab aber nur wenig Ausfälle. Die Pflanzen stockten lediglich im Wachstum. Heute haben sich beide Gruppen dicht geschlossen. Die Bäume sind wüchsig, die Schäfte zu 70 % ohne Fehler, die Kronen schmal und voll. Die besten Stämme wurden geastet. Wie die Tabelle zeigt, sind die Wuchsstockungen überwunden. Bei der Beurteilung muß man berücksichtigen, daß beide Gruppen auf dem besten Standort der Fläche stocken.

| Jahr | Alter | Anzahl | hm | dm |
|---|---|---|---|---|
| 1939 | 8 | — | 1,85 | |
| 1945 | 14 | — | 4,90 | |
| 1964 | 33 | — | 13,25 | 18,90 |

In Weinheim ist ein größerer älterer Bestand. Im Alter 80 hatte er eine Oberhöhe von 49 m und einen mittleren Brusthöhendurchmesser von 80 cm. Die volle Wuchskraft hat der Bestand auch nur in den feuchteren Teilen der Anbaufläche.

Auch *Pinus monticola* Dougl. kommt nur in den trockeneren Gebieten der pazifiknahen Wälder vor: in den Rocky Mountains von südlich British Columbia bis in die westlichen Teile von Montana und Idaho, in den Kaskaden von südlich British Columbia bis nach Zentralkalifornien. Westlich der Kaskaden wächst sie nur vereinzelt. Meist bildet sie Mischbestände mit Larix occidentalis. Diesen Beständen folgen im Laufe der natürlichen Vegetationsentwicklung auf feuchten Standorten Wälder, in denen andere, schattenertragende Baumarten vorherrschen. Da aber die Pinus monticola-Bestände hervorragenden Nutzwert besitzen, wird dieses Stadium durch forstliche Maßnahmen begünstigt. Auf besten

Standorten erreicht Pinus monticola Höhen von 60 m und Durchmesser bis zu 1 m. Das Holz gilt als wertvolles Nutzholz.

Der Anbau auf der Freiburger Fläche umfaßte 230 Pflanzen. Schon 1942 zeigte sich auf der Fläche Harzfluß, die fünfnadligen Kiefern waren vom Blasenrost befallen. Der Bestand wurde bis auf 6 Bäume vernichtet. Diese haben sich als Solitäre kräftig entwickelt.

In den weiter östlich von der Küste entfernt gelegenen Gebieten schließen sich an die pazifiknahen Nadelwälder die Trockenkoniferenwälder an. Ihre Untergrenze ist gleichzeitig die durch die Trockenheit bedingte Baumgrenze. Kennzeichnend für diesen Wuchsbezirk sind die geringen Niederschläge (350 - 700 mm) und eine längere Trockenperiode, meist im Sommer. Außerdem sind die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede ausgeprägter als im küstennahen Bereich (Abb. 11). Aus diesem Wuchsbezirk wurden in der Exotenfläche Pinus contorta, Pinus ponderosa, Pinus lambertiana und Sequoiadendron giganteum angepflanzt.

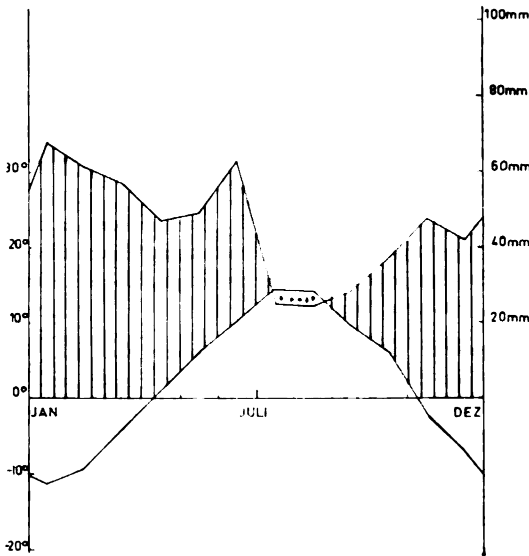



Abb. 11
Klimadiagramm von West Yellowston (nach KNAPP 1965).
Legende s. Abb. 1.

*Pinus contorta* Dougl. besitzt das größte und heterogenste Verbreitungsgebiet aller nordamerikanischen Baumarten. Ihr Hauptbereich umfaßt Teile von Idaho, Wyoming, Montana und den angrenzenden Gebieten Kanadas in Höhen zwischen 1500 und 3000 m. Ein Ausläufer schiebt sich am Ostabhang der Rocky Mountains nach Alberta, Yukon und Alaska. Die in Freiburg verwandte Herkunft stammt aus Alberta, aus einer Höhenlage von 1050 m. Heute sind, durch Kahlschlag und Waldbrände begünstigt, große Reinbestände mit Pinus contorta verbreitet. Besondere Pioniereigenschaften ermöglichen ihr die Besiedlung von Freiflächen: Sie fruktifiziert häufig, die Samen behalten lange ihre Keimfähigkeit, die Keimung wird durch Temperaturextreme gefördert, das Jugendwachstum übertrifft das der konkurrierenden Pflanzen. Aus der sehr dichten gleichartigen Verjüngung entstehen einschichtige, gleichaltrige, stammzahlreiche Reinbestände. Wenn keine Eingriffe erfolgen, verlichten die Bestände in der natürlichen Entwicklung zwischen 80 und 100 Jahren. In diesen lichten Wäldern verjüngen sich schattenertragende Nadelhölzer, die dann den Folgebestand bilden. Da aber häufig Katastrophen auftreten und die Pinus contorta selbst relativ langlebig ist, herrscht das Zwischenstadium der Kiefernreinbestände lange Zeit vor. Sie haben die Tendenz, sich nach oben in den Bereich der hochmontanen und nach unten in den der Douglasien-Wälder auszudehnen. Die besten Wuchsleistungen erzielt die Pinus contorta in Alberta. Sie kann dort bis 400 Jahre alt werden und Höhen bis zu 40 m erreichen. Auf geringeren Standorten liegt die Höhenleistung zwischen 18 - 24 m.

In der Freiburger Fläche wurden 1085 Pflanzen gepflanzt. Sie entwickelten sich gleichmäßig, geradschaftig, ohne Ausfälle. 1950 war die Fläche dichtgeschlossen, blieb aber gegenüber der benachbarten Pinus ponderosa-Fläche in der Höhen- und Durchmesserentwicklung zurück. Wegen des Dichtschlusses gab es in den folgenden Jahren regelmäßig Schneebruchschäden und als Folge davon viele Ausfälle. Die lückigen Stellen wurden mit Thuja plicata unterbaut. Auch heute halten die Abgänge laufend an. Die weniger vitalen Bäume sind von Armellaria mellea befallen. Auch Fäulepilze und Borkenkäfer haben die Fläche befallen. Die weniger gesunden Bäume haben vollholzige, gerade Schaftformen und feinastige, spitze Kronen. Der Unterbau ist gesund und wüchsig.

In Deutschland gibt es einige Versuchsflächen mit Pinus contorta. Wenige, z. B. in Oldenburg und in Bräunlingen, zeigen gutes Gedeihen, höhergelegene Flächen leiden häufig unter Schneebruch.

Das Areal der *Pinus ponderosa* Dougl. hat eine ähnliche Ausdehnung wie das der Pinus contorta. Knapp trennt es in vier Teilgebiete (KNAPP 1965): Die kalifornischen Pinus ponderosa-Wälder, die nordwestlichen in den östlichen Teilen von Oregon und Washington, in Idaho, Wyoming, Westmontana und im südwestlichen Kanada; die Pinus ponderosa-Wälder der Rocky Mountains und der Nachbargebiete in einer Höhenlage zwischen 2000 - 2800 m; die südlichen Pinus ponderosa-Wälder im südöstlichen Arizona, im südöstlichen New Mexiko und in den angrenzenden Bereichen der Sierra Madre in Mexiko.

Die Versuchspflanzen stammen von Samen aus Washington, aus 600 - 900 m Höhe. Das Klima in diesem Bereich ist kontinental getönt und extrem trocken. Pinus ponderosa wächst dort in sehr lichten, staudenarmen Reinbeständen. Mit zunehmender Verbesserung des Wasserhaushaltes mischen sich andere Nadelhölzer in die Bestände. Die Verjüngung der Pinus ponderosa ist schwieriger als die der Pinus contorta. Sie fruktifiziert weniger häufig, die Samen sind nicht lange keimfähig, die Keimlinge empfindlich gegen Trockenheit und Frost. In der Jugend ist die Pinus ponderosa langsamwüchsig, sie behält aber lange ihre Wuchskraft bei und reagiert noch im Alter auf Freistellung mit kräftigem Zuwachs. Auch in den Mischbeständen kann sie nach Bränden dominant werden. Sie hat keine Verbindung vom Boden zum Kronenraum durch herabreichende Äste und ist durch ihre dicke Borke geschützt. Das Holz ist nach der Douglasie das wichtigste Handelsholz Nordamerikas.

Der Anbauversuch war mit 2000 Pflanzen auf 0,20 ha der größte der Exotenfläche. Die Pflanzen entwickelten sich gesund und mastig, aber nicht sperrig und hatten jahrelang Höhentriebe von 60 cm. Als die Dickung geschlossen war, setzten Schneebruchschäden ein. 1950 hatte sie bereits eine Mittelhöhe von 10,20 m erreicht und galt als beste Kiefernfläche des Exotengartens. Nach dem sehr kalten Februar 1956 (durchschn. Temp. — 8,6 °C) gab es viele Ausfälle. Der Bestand verlückte zusehends, zu den Frostschäden kamen noch Abgänge durch Hallimasch und Borkenkäfer. Heute sind nur noch wenige Pinus ponderosa-Stämme gesund und wüchsig, sie haben gerade, vollholzige Stämme und schmale, feinastige Kronen. Die Tabelle gibt die zunächst recht günstige Entwicklung wieder.

| Jahr | Alter | hm | dm | Fläche ha |
|---|---|---|---|---|
| 1939 | 11 | 3,35 | | |
| 1945 | 17 | 6,70 | | |
| 1952 | 24 | 11,80 | 13,20 | |
| 1964 | 36 | 18,90 | 19,30 | 0,20 |

Andere Versuche, z. B. in Baden oder die der braunschweigisch-preußischen Versuchsanstalt, waren ohne Erfolg (KRUTZSCH 1955, SCHENCK 1939). Auch Querengässer (QUERENGÄSSER 1964) berichtet, daß die Leistung der Pinus ponderosa unter der der Pinus sylvestris liegt.

Die *Pinus lambertiana Dougl.* (Herkunft: California 1000 - 1500 m) wächst im südlichen Oregon, in Kalifornien mit den angrenzenden westlichen Teilen von Nevada und im mexikanischen Niederkalifornien. Es sind lichte, sehr hohe Mischbestände mit femelartigem Aufbau. Die Pinus lambertiana überragt die beigemischten Holzarten (Pin. pond., Calocedrus dec., Abies conc. v. l., in wärmsten Lagen Quercus cellogii).

Als fünfnadlige Kiefer war die Pinus lambertiana blasenrostgefährdet. 1942 zeigten sich schon die ersten Schäden durch Cronartium ribicola. 1955 waren alle Pflanzen vernichtet.

*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz. nimmt eine Sonderstellung ein. Sie kommt an den westlichen Hängen der Sierra Nevada in etwa 70 isolierten Horsten (groves) vor. In diesen herrschen andere Bedingungen als sonst im Bereich der Trockenkoniferenwälder. In den Schluchten bleibt der Boden das ganze Jahr über feucht, die Verdunstung ist durch die Windstille geringer. Die Angaben über die Höhenleistung der Sequoie schwanken zwischen 85 m und 100 m. Die Durchmesserwerte sollen bis zu 9 m erreichen. Meist ist die Sequoie mit Pinus lamb. und Abies conc. vergesellschaftet, in trockeneren Lagen mit Pinus ponderosa und Calocedrus dec., in den nördlichen Gebieten mit Douglasie. Im Süden findet sich in den Altbeständen reichlich Naturverjüngung, im Norden fehlt sie. Die Wachstumsbedingungen sind für die konkurrierende Bodenflora günstiger. In der Jugend sind die Pflanzen langsamwüchsig und empfindlich gegen Sonne und Frost. Wenn die kritische Jugendphase überwunden ist, können die Sequoien Alter zwischen 3000 und 5000 Jahren erreichen.

Auf der Versuchsfläche konnten Herkünfte aus drei verschiedenen Höhenlagen gepflanzt werden: 600 m bis 900 m, 900 m bis 1500 m, 1500 m bis 3000 m. Sie entwickelten sich alle gleich günstig, wüchsig ohne Ausfälle. Im Frühjahr 1940 hatten alle drei Herkünfte Frostschäden. Das Ausmaß nahm mit zunehmender Höhenlage der Herkunft ab: die unteren waren ganz rot verfärbt, die oberen nur grünblau. Bei allen waren die Zweige bis in eine Höhe von 60 cm abgefroren. Die Pflanzen haben sich aber wieder erholt. 1955 wurde der Sequoienbestand als ein gutgeschlossenes Stangenholz mit geraden, aber abholzigen Schäften und spitzen, vollen, langen Kronen beschrieben. Die besten Stämme wurden geastet. Zu diesem Zeitpunkt waren die Abgrenzungen unter den drei Herkünften verloren gegangen, optisch waren keine Unterschiede innerhalb der Fläche festzustellen. 1963 wurde der Bestand stark durchforstet, die Abholzigkeit ging darauf etwas zurück. Heute ist die Fläche wieder dicht geschlossen. Die Schäfte sind gerade, aber abholzig, einige geastete Z-Stämme erreichen Brusthöhendurchmesser bis 55 cm. Die Kronen sind spitz, kegelförmig und im Innern des Bestandes auch feinastig. Bei der Beurteilung der folgenden Tabelle muß man berücksichtigen, daß die Durchmesser in Rinde gemessen wurden und die Stämme stark abholzig sind.

| Jahr | Alter | Anzahl | hm | dm | Fläche ha | Herkunft |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1939 | 8 | 28 | 1,10 | | | 1 |
| | 8 | 70 | 1,20 | | | 2 |
| | 8 | 90 | 1,20 | | | 3 |
| 1945 | 14 | 9 | 1,80 | | | 1 |
| | 14 | 43 | 2,25 | | | 2 |
| | 14 | 69 | 1,40 | | | 3 |
| 1964 | 33 | | 16,90 | 29,80 | 0,05 | 1, 2, 3 |

In Deutschland ist die Sequoie als Parkbaum und, in kleineren Gruppen, in den Wäldern schon lange verbreitet. In Weinheim stockt ein größerer Sequoienbestand, der wohl der beste in Europa ist. Er erreicht seine volle Wuchsleistung aber nur in den feuchten Teilen der Fläche (Mittlg. DDG, 1950).

### Schlußbetrachtung

Die Laubbäume sind bis auf wenige Arten auf dem ungünstigen Standort am Unterhang erfroren. Von Alnus rubra, Juglans nigra und Betula dahurica sind noch einige mehr strauchartige Bäume vorhanden. Liriodendron tulipifera hat sich auf etwas günstigerem Standort besser entwickelt. Etwa 1/3 der Bäume ist geradschaftig mit hochangesetzten, gutentwickelten Kronen (A 37, h 25 m, d 25 cm). Diese Ergebnisse zeigen, was diese Baumart bei geeignetem Standort und intensiver Pflege leisten könnte, und daß es sich lohnt, sich weiter mit ihr zu beschäftigen. Juglans mandshurica wurde erst 1956 auf einer weniger frostgefährdeten Stelle eingebracht. Sie hat sich bisher gesund und sehr wüchsig erwiesen.

Die beiden Südkoreanischen Kiefernarten *Pinus densiflora* und *Pinus thunbergii* wurden durch Schnee und Frost vernichtet. Die weitausladenden Kronen der Pinus tabulaeformis boten dem Schnee früh Angriffsflächen, heute ist sie bis auf wenige schlechtgeformte krumme Bäume verschwunden. Pinus koraiensis wurde als fünfnadlige Kiefer vom Blasenrost befallen.

*Larix gmelinii* und die Varietät L. gmelinii coreana zeigen für Lichtbaumarten unbefriedigende Leistungen. Auch dies ist eine Folge der Bruchschäden durch den im Herkunftsgebiet unbekannten, nassen, schweren Schnee.

*Picea koyamai* konnte sich nicht durchsetzen. Sie wuchs zu langsam und ist, da nicht gepflegt und freigeschnitten wurde, überwachsen worden. Lediglich die Versuche mit *Abies holophylla* und *Abies nephrolepis* kann man als gelungen bezeichnen. Sie entsprechen im Aussehen und in der Leistung der *Abies alba*. Es ist bemerkenswert, daß sie trotz der frostgefährdeten Lage gesund und ohne Ausfälle aufwuchsen.

Mie Mehrzahl der Versuche mit asiatischen Baumarten war nicht erfolgreich. *Abies pindrow* und *Abies sachalinensis* wurden überwachsen. *Cedrus deodara* überlebte die häufigen Spätfröste nicht, *Pinus griffithii* vernichtete der Blasenrost. Nur die *Larix leptolepis*-Gruppe ist gesund und wüchsig. Sie erreichte im Alter 37 eine mittlere Höhe von 25 m und einen Brusthöhendurchmesser von 30,20 cm. Diese Leistungen bestätigen die guten Erfahrungen mit dieser Baumart auf geeigneten, gut mit Wasser versorgten Standorten.

*Cedrus atlantica* und *Cedrus libani* aus dem Mittelmeerraum wurden durch Frost und Schnee stark dezimiert. Heute sind von beiden zusammen noch 8 starkgeschädigte im Wachstum gehemmte Bäume übrig. *Picea omorika* ist gesund erwachsen. Die Fläche ist dicht geschlossen und stammzahlreich, die Schäfte gut geformt, die Kronen schmal und spitz. Die Leistung entspricht etwa der der *Picea abies* auf ähnlichem Standort.

Von den 19 nordamerikanischen Baumarten sind heute noch 16, wenn auch teilweise nur in kleinen Resten vorhanden. Am wüchsigsten haben sich *Abies grandis, Chamaecyparis lawsoniana, Calocedrus decurrens, Picea sitchensis, Thuja plicata* und *Tsuga heterophylla* erwiesen. Sie stammen alle aus dem Bereich der pazifiknahen Nadelwälder des westlichen Nordamerika. Dort ermöglichen extrem hohe Niederschläge und ausgeglichene Temperaturen einmalige Leistungen an Masse und Höhe. In Freiburg werden diese Werte nicht erreicht, die Versuche übertreffen aber alle übrigen und teilweise auch die geschätzten Fichtenwerte auf diesem Standort. Dies ist möglich, weil in Freiburg, anders als im

westlichen Nordamerika, Niederschlagsmaximum und Vegetationsperiode zusammenfallen. *Sequoiadendron giganteum* erreicht den größten Brusthöhendurchmesser. Dies gibt kein echtes Bild der Leistung, da die Bäume stark abholzig sind und eine sehr dicke Borke haben. Das gesunde und kräftige Wachstum der Baumarten aus diesem Bereich Nordamerikas und die guten waldbaulichen Eigenschaften, die sie in den heimatlichen Mischwäldern zeigen, lassen weitere Versuche auf geeignetem Standort lohnend erscheinen.

*Abies amabilis* und *Abies concolor* aus den höheren Zonen der westlichen nordamerikanischen Nadelwälder wurden überwachsen und litten unter Schnee. Nur einzelne Bäume sind durchgekommen.

Ungünstig muß man die Anbauten der nordamerikanischen Kiefernarten beurteilen. *Pinus contorta* und *Pinus ponderosa* wuchsen auf dem guten Standort kräftig und traten sehr bald in Dichtschluß. Die geschlossenen Kulturen wurden regelmäßig vom Schnee gebrochen und in der Folge breiteten sich Sekundärschädlinge aus. Die Abgänge halten heute noch an. Die gesunden Bäume sind wüchsig, mit langen gutgeformten Schäften und schmalen feinastigen Kronen. Auch *Pinus resinosa* wurde früh vom Schnee gebrochen. Sie war weniger wüchsig und wird allmählich von Laubbäumen verdrängt. Die meisten Stämme haben Wicklerschäden. *Pinus monticola* und *Pinus lambertiana* überstanden den Blasenrostbefall nicht.


#### Zusammenfassung

1930 entstand im Lehrrevier der forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg eine Exotenfläche mit 46 nichtheimischen Baumarten.

Die interessanteste Anbaugruppe bilden koreanische Baumarten, von denen einige erstmals in Deutschland eingeführt wurden. *Acer ginnala, Acer triflorum, Alnus hirsuta, Betula dahurica, Betula mandshurica V. japonica, Cedrela sinensis, Juglans mandshurica, Juglans sinensis, Quercus acutissima, Zelkova serrata* sind leider wegen Frost und mangelnder Pflege bis auf wenige Reste verschwunden.

Von den Nadelbäumen zeigen *Abies holophylla* und *Abies nephrolepis* gesundes Wachstum. *Larix gmelinii, Larix gmelinii v. coreana, Picea koyamai, Pinus densiflora, Pinus tabulaeformis, Pinus thunbergii* litten stark unter Schnee und Frost. *Pinus koraiensis* wurde durch Blasenrost vernichtet.

Aus dem übrigen asiatischen Raum hat sich eine sehr wüchsige *Larix leptolepis*-Gruppe erhalten. *Abies pindrow, Abies sachalinensis, Cedrus deodara* überlebten die harten Winter nicht. *Pinus griffithii* wurde vom Blasenrost befallen.

*Cedrus atlantica* und *Cedrus libani* aus dem Mittelmeergebiet litten stark unter Schnee und Frost. Die *Picea omorika* dagegen ist völlig gesund und entspricht in ihren Leistungen der *Picea abies.*

Aus Nordamerika wurden 19 Baumarten angepflanzt. Die Anbauten mit *Abies grandis, Chamaecyparis lawsoniana, Calocedrus decurrens, Picea sitchensis, Thuja plicata, Tsuga heterophylla* aus dem Bereich der pazifiknahen Nadelwälder sind die erfolgreichsten der Fläche. Auch der Versuch mit *Sequoiadendron ginganteum* ist gelungen. *Abies amabilis* und *Abies concolor* konnten sich nicht durchsetzen. *Pinus contorta, Pinus ponderosa, Pinus resinosa* wurden in der Jugend stark vom Schnee gebrochen und haben seither laufend weitere Abgänge. *Pinus lambertiana* und *Pinus monticola* vernichtete der Blasenrost.

Auch die Versuche mit den amerikanischen Laubbäumen *Acer saccharum, Alnus rubra, Juglans cinerea, Juglans nigra* und *Liriodendron tulipifera* sind mißlungen. Frost, Schnee, Mäuse und fehlende Pflege schädigten die Bäume zu sehr. Nur von *Liriodendron tulipifera* konnte sich eine kleine Gruppe auf weniger frostgefährdetem Standort günstig entwickeln.



#### Summary

In 1930 there was founded in the school district of the forestry faculty of the University of Freiburg an area with 46 species of exotic trees.

The trees of Corean origin are considered the most interesting group, some of them were introduced to Germany for the first time. Acer ginnala, Acer triflorum, Alnus hirsuta, Betula davurica, Betula mandshurica v. japonica, Cedrela sinensis, Juglans mandshurica, Juglans sinensis, Quercus acutissima, Zelkova serrata were nearly all blighted by frost due to the unfavourable site and for want of good care.

The conifers Abies holophylla and Abies nephrolepis show quite a sound growth. Larix gmelinii, Larix gmelinii v. coreana, Picea koyamai, Pinus densiflora, Pinus tabulaeformis, Pinus thunbergii suffered much from snow and frost. Pinus koraiensis did not outlive the attack of Cronartium ribicola.

Of the remaining asiatic area the well developed Larix leptolepis-group has been saved. Abies pindrow, Abies sachalinensis, Cedrus deodara did not survive the streng winters. Pinus griffithii was attacked by Cronartium ribicola.

Cedrus atlantica and Cedrus libani from the Mediterranean area suffered much from snow and frost. Picea omorika however has come up well. The results are about those of the Picea abies when similar situated.

Of Northamerica 19 species of trees have been planted. The experiments with Abies grandis, Chamaecyparis lawsoniana, Calocedrus decurrens, Picea sitchensis, Thuja plicata, Tsuga heterophylla from the region near the Pacific obtained the best results. The experiment wich Sequoiadendron giganteum has been successful as well. Abies amabilis and Abies concolor did not survive. Pinus contorta, Pinus ponderosa, Pinus resinosa were considerably broken by snow, the losses are still going on today. Pinus lambertiana and Pinus monticola were distroyed by Cronartium ribicola.

The experiments with the american deciuous trees Acer saccharum, Alnus rubra, Juglans cinerea, Juglans nigra and Liriodendron tulipifera have failed. The trees have been too much damaged by frost, snow, mic and lacking care. Only a smaller group of Liriodendron tulipifera developed better at a more favourable site.

A



#### Résumé

La faculté forestière de l'université de Freiburg possède depuis 1930 un champ d'expérience contenant 46 espèces d'arbres exotiques.

Les espèces venant de la Corée, dont la plupart est plantée pour la première fois en Allemagne, sont de plus grand intérêt. Malheureusement Acer ginnala, Acer triflorum, Alnus hirsuta, Betula davurica, Betula mandshurica v. japonica, Cedrela sinensis, Juglans mandshurica, Juglans sinensis, Quercus acutissima, Zelkova serrata on péris à cause du gel et à défaut de mauvais entretien, sauf quelques un d'entre eux.

Parmi les conifères Abies holophylla et Abies nephrolepis poussent bien. Larix gmelinii, Larix gmelinii v. coreana, Picea koyamai, Pinus densiflora, Pinus tabulaeformis, Pinus thunbergii ont été atteints par le gel et la neige. Pinus koraiensis a été détruit par Cronartium ribicola.

Larix leptolepis venant du Japon s'est développé bien. Abies pindrow, Abies sachalinensis, Cedrus deodara n'ont pas survécues les hivers graves. Pinus griffithii a été détruit par Cronartium ribicola.

Cedrus atlantica et Cedrus libani de la région méditerranéenne ont été réduits à cause du gel. et la neige. Picea omorika par contre s'est bien développé, son rendement correspond à celui de Picea abies sur un terrain semblable.

19 espèces d'arbres d'Amérique du Nord ont été plantées. Les

cultivations avec Abies grandis, Chamaecyparis lawsoniana, Calocedrus decurrens, Picea sitchensis, Thuja plicata, Tsuga heterophylla ont été la plus grande réussite du champ d'expérience. Ces sont toutes d'origine de la zone ouest, aproximité du Pacifique. L'essai acec Seqoiadendron giganteum a aussi bien réussi. Abies amabilis et Abies concolor ne pouvaient pas se maintenir. Pinus contorta, Pinus ponderosa, Pinus resinosa ont été brisés par la neige pendant les premières années, les dommages subsistent jusqu'à présent. Pinus lambertiana et Pinus monticola ont été détruits par Cronartium ribicola.

Les expériences avec les feuillues de l'Amérique Acer saccharum, Alnus rubra, Juglans cinerea, Juglans nigra, et Liriodendron tulipifera n'ont pas réussis à cause du gel, de la neige, des souris et du mauvais entretien. Un petit groupe de Liriodendron tulipifera seulement, planté sur un terrain plus favorable pouvait se développer sans grands dommages. A

### Literatur

1. Fabrizius, W., (1950): Zustands- und Erfahrungsbericht über ausländische Holzarten im Forstbezirk Weinheim. Mittlg. d. DDG Nr. 56. — 2. Hartmann, F. K., Querengaesser, F. und Jahn, G., (1953/1954): Unterlagen für den Anbau nordwestamerikanischer Nadelholzarten in Deutschland. AFJZ 125. Jahrgang. — 3. Knapp, R., (1965): Die Vegetation von Nord- und Mittelamerika und der Hawaiinseln. Stuttgart. — 4. Krutzsch, P., (1955): Die ausländischen Nadelhölzer in Baden. Diplomarbeit Freiburg. — 5. Lautensach, H., (1945): Korea. Leipzig. — 6. Mitscherlich, G., (1958): Das Wachstum der Fichte in Baden. AFJZ 128. Jahrg. — 7. Querengaesser, F., (1964): Die Gelbfilter als Gastbaumart. AFZ Wien 75. Jahrg. — 8. Schenck, C. A., (1939): Fremdländische Wald und Parkbäume, Bd. I - III. Berlin. — 9. Ders., (1951/52): Ergebnisse der Inventur ausländischer Holzarten. Mittlg. der DDG Nr. 57. — 10. Schober, R., (1962): Die Sitkafichte. Eine biologisch ertragskundliche Untersuchung. Schriftenreihe der forstl. Fakultät Göttingen, Bd. 24/25. — 11. Zentgraf, E., (1942): Der Exotengarten im Lehrrevier des Waldbauinstitutes Freiburg. AFZ.

# Zur Physiologie des Zweigabsprunges bei Quercus, Populus und Tilia

Aus dem Institut für Biologische Holzforschung der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg i. Br.

(Mit 1 Tabelle)

Von Dietrich Böhlmann

### Einleitung

Beim Sammeln abgesprungener Kurztriebe in einer Pappelversuchsfläche fiel uns während der Zeit der Samenreife, Anfang Juni, als erster abgeworfener Trieb ein Kurztrieb in die Hände, dessen Terminalknospe im Vorjahr durch offenbar abiotische Umstände abgebrochen war. Die Blattachselknospen waren dagegen erhalten geblieben und zu Blütenständen ausgetrieben. Durch den Ausfall der Terminalknospe konnte der Trieb aber nicht mehr weiterwachsen und demzufolge keine Blattorgane bilden.

Dieser Kurztrieb wurde also fast gleichzeitig mit dem Abfall der reifen Fruchtstände abgeworfen. Durch die Reife und den Abfall der Fruchtstände waren diesem Trieb die einzigen erhalten gebliebenen, Wuchsstoffe liefernden Organe verloren gegangen. Wuchsstoffe und deren diskontinuierlicher Strom spielen aber nachgewiesenermaßen bei der Induktion von Trennschichten abzugliedernder Organe eine große Rolle (Luckwill 1953, Stösser 1967).

Die obige Beobachtung veranlaßte uns, die Folgen der Entfernung von Blättern und Knospen als Wuchsstofflieferanten auf die Auslösung des Absprunges von Seitentrieben bei den in anatomischer Hinsicht zur Abgliederung befähigten Baumarten Pappel, Eiche und Linde zu studieren.

Die Erscheinung des Astabsprunges bei Populus und Quercus ist bekannt (Höster et al. 1968, Böhlmann 1970). Die Linde wird in der Literatur in dieser Hinsicht nicht genannt. Eine Untersuchung des Astabzweigungsbereiches der Linde ergab aber, daß dieser anatomisch den Abzweigungen von Pappel und Eiche gleicht und die Linde demzufolge zu Astabgliederungen befähigt sein muß. Sie wurde deshalb in die Untersuchungen einbezogen.

Eine herbstliche Rückwanderung bzw. der Abzug von Kohlenhydraten und für die Pflanze wichtiger Mineralien wie Phosphor, Stickstoff und Kalium aus den Blattorganen der Holzpflanzen sind hinlänglich bekannt und quantitativ bewiesen (Michel-Durand 1918, 1919, Gäumann 1935, Vogl 1966). Uns interessierte, ob ähnliches auch bei Kurztrieben eintritt, die von ihrer Trägerachse abgegliedert werden.

### Material und Methoden

#### *1. Das Entfernen von Blättern und Knospen*

Die Abtrennung von Blättern und Knospen erfolgte an Seitenzweigen von Ästen I. Ordnung bei 12 - 15 Jahre alten Bäumen von Quercus robur L., Tilia cordata Mill. und Populus Sektion Aigeiros Anfang Juli 1968. Die Blätter und Knospen wurden folgendermaßen variiert entfernt:

- nur die Terminalknospe wurde entfernt;
- alle Knospen wurden entfernt; die Blätter wurden belassen;
- die halbe Blattspreite wurde entfernt, die Knospen wurden belassen;
- die halbe Blattspreite und die Knospen wurden entfernt;
- die gesamte Blattspreite wurde entfernt; die Knospen wurden belassen;
- alle Blätter und Knospen wurden entfernt.

Die Knospen und Blätter wurden einheitlich von sämtlichen Seitentrieben (Lang- und Kurztriebe) eines Hauptastes entfernt. Bei der Pappel und der Linde blieben bei dem Entfernen der vollen Blattspreite Teile des Blattspieles stehen. Bei der Linde wurden auch Früchte abgetrennt.

#### *2. Analyse der Inhaltsstoffe von Kurz- und Langtrieben*

Für die Analyse wurden frisch abgeworfene Kurztriebe und zur Feststellung der Normalität fest mit der Trägerachse verbundene Langtriebe der Pappel verwendet.

Die vergleichende Untersuchung erstreckte sich auf die Bestimmung des Gehaltes an Stärke und Fett, des Aschengewichtes und auf eine Aschenanalyse. In die Aschenanalyse wurden vergleichsweise einige zweijährig abgeworfene Kurztriebe miteinbezogen.

Die Bestimmung des Gehaltes an Stärke und Fett erfolgte rein optisch an 30 $\mu$ starken Radialschnitten. Die Anfärbung der Stärke erfolgte mit Jod-jod-kalium, die des Fettes mit Sudan III.

Zur Bestimmung des Aschengewichtes wurden Triebe bis zur Gewichtskonstanz bei 103 °C getrocknet und anschließend bei 800 °C verascht. Die Asche wurde dann zur Analyse ihrer wichtigsten Bestandteile in 20%iger $HNO_3$ aufgelöst. Der Gehalt an Ca, K, Mg, Na wurde flammenphotometrisch gegen entsprechende Eichlösungen, Fe kolorimetrisch nach der Sulfo-salicilsäure-Methode von Schlichting-Blume/Zimmermann, Al kolorimetrisch mit Polyviollösung, P kolorimetrisch nach Jackson/Autenried und Mn spektralphotometrisch bestimmt.

### Ergebnisse

#### *1. Die Auslösung des Astabsprunges*

Bei der Pappel und Linde, bei denen bei der Abtrennung der Blattspreite die Blattstielbasen stehen blieben, hatte sich nach

8 Tagen an den Insertionsstellen des Blattes ein Trenngewebe gebildet und die Stilreste fielen ab.

Nach weiteren 14 Tagen hatte sich bei der *Pappel* bei den Kurztrieben, die im unteren Bereich eines Hauptastes standen und denen alle Blätter und Knospen genommen waren, in der Astbasis ein Trenngewebe gebildet. Sie fielen bei leichtem Antippen ab. Den Kurztrieben, denen die Spitzenknospe belassen, aber alle anderen Organe genommen wurden, bildeten nur vereinzelt ein Trenngewebe aus. Alle anderen Triebe, denen entweder nur die Blätter oder die Knospen genommen wurden, wiesen keine Anzeichen einer Separation auf. Die belassenen Knospen schwollen im Vergleich mit normalen Knospen bis zum Ende der Vegetationsperiode mächtig an, trieben jedoch, im Gegensatz zu den anderen Baumarten, nicht aus. Ihre Knospenschuppen ergrünten zusehends.

Die gewöhnlich akroton, d. h. im Spitzenbereich eines Hauptastes inserierten Langtriebe (= Seitentriebe II. Ordnung) der Pappel sprangen dagegen auch dann nicht ab, wenn alle Blätter und Knospen entfernt wurden. Bei diesen Trieben geht die Fähigkeit zur organischen Abgliederung schon nach kurzer Zeit nach dem Austrieb durch die Ausbildung normalen Xylems im Abzweigungsbereich verloren (Höster et al. 1968).

Bei *Tilia* genügte schon ein alleiniges Entfernen der Blätter zur Separation der 1 - 3jährigen Seitentriebe. Das Abspringen erfolgte im Vergleich zu Populus aber erst recht spät. Die ersten Absprünge wurden erst nach zwei Monaten (Anfang September) festgestellt. Das ausgeprägte Bastfasersystem von Tilia erschwert offensichtlich die Separation. Im Gegensatz zu Populus, deren abgestoßene Äste noch relativ frisch erschienen, waren die Seitenachsen von Tilia, von denen die Blätter, Knospen und Früchte entfernt wurden, auf ihrer ganzen Länge vertrocknet.

Bei der *Eiche* genügte weder ein Entfernen der Blätter noch der Knospen und auch nicht das Abknipsen der nach der Entfernung der Blätter zu einem Johannistrieb auswachsenden, wegen ihrer Kleinheit jedoch übersehenen Knospen zur Auslösung eines Absprunges noch im gleichen Jahr. Die Triebe erschienen äußerlich völlig intakt.

Vergleichende histologische Studien des Bastes der drei Baumarten brachten Anhaltspunkte für eine Erklärung der unterschiedlichen Reaktionen: Die *Eiche* besitzt in der primären Rinde der Triebe ein mächtiges, dicht mit Chloroplasten besetztes Parenchym, mit dem noch Photosynthese betrieben werden kann. Dadurch können die ihrer Blätter beraubten Äste noch Assimilate bilden und anscheinend ausreichend ernährt werden. Der auch noch im Spätherbst kräftige braun-grüne Farbton der Rinde der Kurztriebe resultiert aus dem Chloroplastenreichtum des Rindenparenchyms.

Der dünne Parenchymring zwischen der Epidermis + Hypodermis und den ausgeprägten Bastfaserbändern der Rinde von *Tilia* scheint dagegen nicht in der Lage zu sein, größere Assimilatmengen zu bilden. Ein Entfernen der Blätter führt demzufolge unweigerlich zum „Verhungern" des Astes. Er stirbt allmählich ab und wird durch Ausbildung einer Trennzone abgeworfen.

Eine Mittelstellung in dieser Hinsicht nimmt die *Pappel* ein. Sie besitzt zwar auch ein mächtiges Rindenparenchym, doch enthält nur ein verhältnismäßig geringer Teil der Parenchymzellen nach der Ausdifferenzierung der Triebe noch Chloroplasten. Der gelbbraune Farbton der Rinde der Pappeltriebe ist Ausdruck dieses chloroplastenarmen Zustandes. Die noch mit Chloroplasten versehenen Rindenparenchymzellen finden sich überwiegend nur in der Umgebung der Lentizellen.

Ein Studium der Lentizellenverteilung bei Eiche und Pappel ergab, daß die Pappel im Vergleich zur Eiche nur relativ wenige und ungleichmäßig verteilte Lentizellen besitzt. Stoffwechselphysiologisch dürfte sich die Pappel deshalb nach Entfernen der Blätter und Knospen in einer ähnlichen Situation wie die Linde befinden.

*2. Der stoffliche Gehalt abgeworfener Kurztriebe der Pappel*

Die vergleichende Untersuchung des Gehaltes an Stärke, Fett und Asche und deren Bestandteile von frisch abgesprungenen Kurztrieben und abgeschnittenen Langtrieben der Pappel brachte folgende Ergebnisse: In den abgeworfenen Kurztrieben ließ sich mit Jod-jod-kalium keine Stärke nachweisen. In den vom Baum geschnittenen Langtrieben waren dagegen die Holzstrahlen, das Längsparenchym und das randständige, noch lebende Markparenchym voll mit Stärke gefüllt.

Bezüglich des Fettgehaltes ergaben sich zwischen den abgesprungenen und den am Baum festsitzenden Trieben keine Unterschiede. Der Fettgehalt schien in beiden Triebarten gleich groß zu sein.

Der Aschegehalt beider Triebarten unterscheidet sich signifikant. Die Kurztriebe besitzen mit einem Aschenanteil von 4,13 % (n = 13) gegen 3,24 % (n = 12) einen um 21 % höheren Aschenanteil. Die Aschenanalyse der verschiedenen Triebarten erbrachte folgende Werte:

Tabelle 1
**Mineralgehalt abgeworfener Kurztriebe und abgeschnittener Langtriebe der Pappel**

| | Ca ‰ | Mg ‰ | K ‰ | Na ‰ | P ‰ | Mn ‰ | Fe ‰ | Al ‰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurztriebe 1jährig (n = 8) | 9,482 | 4,581 | 7,455 | 0,645 | 0,732 | 0,463 | 0,132 | 0,630 |
| Langtriebe 1jährig (n = 10) | 7,916 | 3,941 | 3,932 | 0,183 | 1,371 | 0,323 | 0,106 | 0,048 |

Das höhere Aschengewicht der abgesprungenen Kurztriebe resultiert demnach vor allem aus dem größeren Gehalt von Ca, K, Na, und Al. Lediglich der Gehalt von P ist im Langtrieb größer. Der Gehalt an Mg, Mn und Fe ist im Kurztrieb nur unwesentlich größer.

Bei erst im 2. Jahr abgesprungenen Kurztrieben kann vor allem der Gehalt des Ca ansteigen: 12,466 ‰ (n = 3) gegenüber 9,482 ‰ der bereits im 1. Jahr abgesprungenen Kurztriebe.

## Diskussion

### *1. Ursachen und Steuerung der Kurztriebseparation*

Die physiologische Steuerung des Blattabwurfes (Sauter 1965, Carns 1966) und des Fruchtabwurfes (Stösser 1967) durch Wuchsstoffe, genauer durch deren Ausbleiben bzw. dem diskontinuierlichen Strom ist hinreichend bekannt. Es kann angenommen werden, daß auch die Kurztriebseparation ähnlich gesteuert wird.

Die durchgeführten, relativ einfachen ersten Untersuchungen zur Induktion des Zweigabsprunges scheinen die obige Annahme zu bestätigen. Durch das Entfernen der Wuchsstofflieferanten Blatt und Knospe konnte bei der Pappel und der Linde ein Abwurf der Kurztriebe induziert werden. Ein alleiniges Entfernen nur der Blätter oder der Knospen genügte nicht zur Auslösung des Absprunges. Wahrscheinlich muß eine bestimmte Wuchsstoffkonzentration im Assimilatstrom erst unterschritten werden, ehe allgemein die Ausbildung einer Trennschicht angeregt wird. Bei der Eiche konnte ein Absprung nicht ausgelöst werden. Das mit Chloroplasten dicht besetzte, mächtige Rindenparenchym dieser Baumart kann hier anscheinend kompensierend wirken. Es kommt zumindest nicht im gleichen Jahr zu einem Absprung.

Der Kurztrieb dient dem Baum normalerweise als Fruchtträger. Er verbraucht sich in dieser Funktion. Seine Knospen treiben — mit Ausnahme der Terminalknospe — gewöhnlich zu Blütenständen aus. Nach einigen Jahren besitzt der Kurztrieb offenbar nicht

mehr die Kraft, seine dann nur noch wenigen Knospenanlagen soweit auszudifferenzieren, daß sie im folgenden Jahr noch austreiben können. Mit dem letzten abfallenden Laubblatt, d. h. dem Verlust des letzten Wuchsstofflieferanten, kommt es dann im Herbst auch zum Abwurf des Kurztriebes. Höster (1968) und auch wir konnten beobachten, daß sich der Abwurf der Triebe nach dem Laubfall häuft.

Es sei noch ein für diesen Vorgang typisches Beispiel angefügt: Die Früchte von Quercus rubra L. und Castanea sativa Mill. sitzen auf Kurztrieben, die in der Regel keine Blätter mehr besitzen und demzufolge auch keine Knospen auszubilden vermögen. Dieser Kurztrieb kann nicht mehr weiterwachsen. Nach der Fruchtreife fehlen ihm jegliche Wuchsstofflieferanten. Er wird gleichzeitig mit der Frucht oder nach dem Fruchtabwurf abgestoßen.

Huber (1955) beobachtete, daß Astabwürfe der Eiche periodisch wie Mastjahre auftreten. Wir konnten feststellen, daß sie mit diesen korreliert sind. Nach dem Fruchtfall kommt es zur Separation von Kurztrieben, die vor allem als Fruchtträger gedient hatten.

Die von uns in der Pappelversuchsfläche des Institutsgarten nebenher gesammelten Astabsprünge besaßen mehr oder minder fast alle einen Defekt. Vereinzelt war bei Kurztrieben die Spitze abgebrochen. Die größte Zahl der Astabsprünge zeigte jedoch Dothischiza-Befall. Dadurch war das Phloem ringsum geschädigt und der Assimilat- und Wuchsstoffstrom unterbrochen worden. Durch diese Unterbrechung dürfte sehr wahrscheinlich die Separation ausgelöst worden sein.

Vereinzelt fanden sich junge Triebe, die äußerlich keine Schädigung erkennen ließen. Ihr Anteil wuchs mit dem ansteigenden Abfall der Blätter. Ihre Knospen waren voll entwickelt, während die der von Dothischiza befallenen Triebe oft vertrocknet bzw. nicht voll entwickelt waren. Eine Erklärung für ihren Absprung kann nicht gegeben werden. Gleiches gilt für die schon von Huber (1955) und auch von uns wieder unter älteren Allee-Pappeln gefundenen vollbelaubten Astabsprünge.

Eine restlose Klärung des Einflusses von diskontinuierlichen Wuchsstoffströmen (Stösser 1968) bzw. Konzentrationsänderungen der Wuchsstoffe für die Induzierung des Triebabsprunges können natürlich erst Versuche mit derartigen Substanzen selbst bringen.

Wundreaktionen, die sich nach dem Entfernen der Blätter und Knospen hätten einstellen können, dürften für die Absprünge bei Pappel und Linde keine Rolle gespielt haben. Derartige Reaktionen, zu denen z. B. Verthyllungen und Gerbstoffbildungen gehören, bleiben in der Regel lokal begrenzt. Bei der Abtrennung der Blätter von der Pappel und der Linde blieben die Blattstielbasen erhalten. Sie wurden nach kurzer Zeit von der Pflanze selbst abgestoßen. Ein möglicher Wundeinfluß hätte sehr wahrscheinlich an der Insertionsstelle des Blattes seine Grenze gefunden. Wenn Wundreaktionen wirklich einen Einfluß auf die Absprünge gehabt hätten, so hätten sie auch bei der Eiche auftreten müssen.

*2. Veränderungen im Stoffgehalt vor der Separation*

Bei der Analyse der Inhaltsstoffe abgeworfener Kurztriebe der Pappel konnten wir u. a. feststellen, daß diese völlig stärkefrei waren. Wurde überhaupt während der Vegetationsperiode Stärke in diesen Kurztrieben gespeichert, so muß diese — ähnlich wie nachgewiesenermaßen bei Blättern — vor dem Absprung mobilisiert und abgezogen worden sein. Interessant wäre der Zeitpunkt des Beginns der Mobilisation vor dem Absprung. Da den Kurztrieben der Pappel eindeutig die Funktion eines Fruchtträgers zukommt, wäre es auch möglich, daß sich die Reservestärke in der Fruktifikation aufgebraucht hat und deshalb keine Stärke im abgesprungenen Kurztrieb zu finden war. Die gespeicherten Fette wurden anscheinend von der Mobilisation nicht berührt.

Erstaunlich ist, daß die abgeworfenen Kurztriebe einen eindeutig größeren Gehalt an solchen Mineralien besitzen, die für die Pflanze letztlich Ballaststoffe (wie Kalzium) darstellen. In den Blättern werden bekanntermaßen gegen Ende der Vegetationsperiode diese Stoffe ebenfalls in größeren Mengen angetroffen. Mit dem Laubabfall kann sich die Pflanze dieser Ballaststoffe elegant entledigen. Es scheint, als würden auch in den zum Absprung bestimmten Kurztrieben diese Ballaststoffe deponiert werden. Ganz für diese Annahme spricht auch die Beobachtung, daß der Ca-Gehalt im zweijährigen abgesprungenen Kurztrieb ganz erheblich weiter anwachsen kann.

Das für den Energiehaushalt der Pflanze wichtige Phosphat wurde vor dem Absprung zum größten Teil aus dem Kurztrieb abgezogen. Dieses Ergebnis entspricht dem von Vogl (1966) bei Pappelblättern festgestellten Abzug des im Energiehaushalt der Pflanze so wichtigen Phosphors. Nach diesen Untersuchungen werden von der beginnenden bis zur vollzogenen Vergilbung der Blätter etwa 54 - 61 % des Phosphors abgezogen.

**Zusammenfassung**

Durch ein variiertes Entfernen von Blättern und Knospen an Seitenästen konnte

— bei der Pappel ein Absprung der typischen Kurztriebe induziert werden;
— bei der Linde reichte dazu schon das alleinige Entfernen der Blätter.
— Bei der Eiche konnte dagegen ein Absprung im selben Jahr nicht ausgelöst werden. Der Grund dafür scheint in dem kräftigen Rindenparenchym dieser Holzart zu liegen. Dieses ist im jungen Trieb dicht mit Chloroplasten besetzt und kann dadurch offensichtlich den Verlust der Blätter und Knospen in physiologischer Hinsicht zunächst kompensieren. Bei der Linde führt das Entfernen der Blattorgane zunächst zu einem Vertrocknen und erst dann zum Abwurf der Kurztriebachsen. Das relativ schmale Rindenparenchym der Linde kann nicht kompensierend wirken. Die Pappel nimmt in dieser Hinsicht eine Mittelstellung ein.

Die Untersuchung des Stoffgehaltes abgesprungener Kurztriebe der Pappel brachte folgende Ergebnisse: In frisch abgesprungenen Kurztrieben ließ sich keine Stärke mehr nachweisen. Sie wird offenbar — ähnlich wie im Herbst bei abfallenden Laubblättern — vor dem Absprung aus den Kurztrieben abgezogen. Abgeworfene Kurztriebe besaßen gegenüber intakten, vom Baum geschnittenen Langtrieben ein um 21 % höheres Aschengewicht. Dieses höhere Gewicht ergibt sich aus dem größeren Gehalt vor allem an Ca, K, Na und Al. Der Gehalt an P ist im Kurztrieb deutlich geringer; es wurde offensichtlich vorher abgezogen.

**Summary**

Through the removal of leaves and buds from side branches, it was possible

— with the poplar to induce the typical short shoot to be rejected;
— with the lime, the removal of leaves only was sufficient to cause this.
— With the oak, on the other hand, it was not possible to induce a rejection the same year. The reason for this seems to lie in the strong barkparenchym of this type of tree. In the young shoot this is clensly filled with chloroplast and can therefore subsequently clearly compensate the removal of leafs and buds in a physiological way. With the lime, the removal of leaf organs leads to a drying out and only then to a discarding of the short shoot axes. The relatively thin barkparenchym of the lime is here unable to produce a compensatory effect. The poplar occupies the middle position in this respect.

The examination of the substance contained in the discarded short shoots of the poplar led to the following results. In recently rejected short shoots no starch was to be detected. This is clearly with drawn from the short shoot before it falls off, as is the case in the falling leaves in Autumn. Discarded short shoots had a 21 % higher ash-weight compared to intact long shoots which had been cut from the tree. The heavier weight is caused by the greater content in particular of Ca, K, Na and Al. The content of P in the short shoot is considerably less. It was clear that this had also been previously withdrawn. A.


### Résumé

Titre de l'article: *Sur la physiologie de l'abscission des rameaux chez le chêne, les peupliers et le tilleul.*

Par suite des processus variés de la chute des feuilles et des bourgeons sur les branches latérales, on peut avoir les cas suivants:

— chez les peupliers, abscission des rameaux courts characteristiques par induction.

— chez le tilleul, la seule chute des feuilles est déjà suffisante.

— chez le chêne, au contraire, une abscission au cours de l'année même ne peut avoir lieu, ceci paraissant tenir au fait que, chez cette essence, le parenchyme cortical est épais; sur le jeune rameau, ce parenchyme est très riche en chloroplastes et il est clair qu'il peut ainsi pallier pendant un certain temps à la disparition des feuilles et des bourgeons. Chez le tilleul, la chute des organes foliaires entraîne tout d'abord un dessèchement puis l'abscission des axes des rameaux courts. De ce point de vue, les peupliers constituent un cas intermédiaire.

Chez le peuplier, l'analyse chimique des rameaux courts tombés conduit aux résultats suivants:

— dans les rameaux courts récemment tombés on ne trouve pas d'amidon. Comme à l'automne pour les feuilles mortes, l'amidon a migré avant la chute des rameaux.

— dans les rameaux courts tombés à terre la teneur en cendre est supérieure de 21 % à celle des rameaux longs intacts coupés sur l'arbre. Ce poids élevé des cendres tient avant tout à la plus forte teneur en Ca, K, Na et Al. La teneur en P est nettement plus faible; cet élément a également migré avant la chute des rameaux. J. M.


### Literatur


BÖHLMANN, D., (1970): Anatomisch-histologische Untersuchungen im Bereich der Astabzweigung bei Nadel- u. Laubbäumen. III. Die Abzweigungsverhältnisse bei Quercus robur L. u. Populus Sektion Aigeiros. Allg. Forst- u. J.-Ztg. **141**, 224 - 230. — CARNS, H. R., (1966): Abcission and its control. Ann. Rev. Plant. Physiol. **17**, 295 - 314. — GÄUMANN, E., (1935): Der Stoffhaushalt der Buche (Fagus silvatica) im Laufe eines Jahres. Ber. schweiz. bot. Ges. **44**, 157 - 334. — HÖSTER, H. R., W. LIESE u. P. BÖTTCHER, (1968): Untersuchungen zur Morphologie und Histologie der Zweigabwürfe von Populus „Robusta". Forstwiss. Cbl. **87**, 356 - 368. — HUBER, B., (1955): Zweigabsprünge. Allg. Forstzeitschrift **10**, 620 - 621. — LUCKWILL, L. C., (1953): Hormone production by the developing apple seed in relation to fruit drop. J. hort. Sci **28**, 14 - 24. — MICHEL-DURAND, E., (1918/19): Variation de substances hydrocarbonees dans les feuilles. Rev. gen. Bot. **30**, 337 - 345, 377 - 345, 377 - 345, 377 - 382; **31**, 10 - 27, 53 - 60, 143 - 156, 196 - 204, 251 - 268. — SAUTER, J. J., (1965): Warum im Herbst die Blätter fallen. Allg. Forstzeitschrift **20**, 712 - 713. — STÖSSER, R., (1967): Über die Ausbildung des Trenngewebes und seine kausale Beziehung zu Fruchtfall und Fruchtentwicklung bei Süßkirschen. Angewandte Botanik **41**, 194 - 209. — VOGL, M., (1966): Experimentelle Untersuchungen an Pappelblättern zum Laubfall und zur herbstlichen Rückwanderung. Archiv f. Forstwesen **15**, 641 - 651.


# Ein Kreuzungsversuch mit Larix europaea DC., Herkunft Schlitz, und Larix leptolepis Gord.

(Mit 2 Abbildungen und 4 Tabellen)


Von HEINRICH GOTHE, Schlitz, und REINHARD SCHOBER, Göttingen


Als im Jahre 1949 Professor ROHMEDER Kreuzungen in der Gattung Larix anregte, wurden außer in Grafrath (DIMPFLMEIER 1959) auch in Schlitz Kreuzungen durchgeführt*). Dabei wurden nach dem Verfahren von SYRACH-LARSEN (1937) verschiedene Bäume der Arten *Larix europaea* D. C., Wachstum Schlitz, und *Larix leptolepis* Gord. gekreuzt, um vielleicht eine besonders wüchsige und widerstandsfähige, vor allem krebsresistente Sorte zu erhalten. Folgende Kreuzungen wurden hergestellt:

Schlitz × Schlitz, Schlitz × Japan *(Larix eurolepis)*, Japan × Schlitz *(Larix lepteuropaea)* und Japan × Japan. Außerdem wurden sowohl Schlitz als auch Japan geselbstet. Die Selbstungen keimten entweder gar nicht erst (Schlitz) oder fielen im ersten Herbst dem Frühfrost zum Opfer (Japan). Im Frühjahr 1953 kamen die Versuchslärchen als 2jährige Sämlinge auf einem Standort des Reinen *Luzula*-Buchenwaldes mit Übergang zur *Oxalis*- und *Dryopteris Linnaeana*-Ausbildung mit gebleichter Parabraunerde des Mittleren Buntsandsteins in 350 m Seehöhe zur Auspflanzung.

Im November 1969 wurde zum ersten Mal, weitgehend systematisch und im Anhalt an die von SCHOBER (1969) aufgestellten Tabellen für Stammzahlhaltungen der europäischen und japanischen Lärche in Abhängigkeit von der Oberhöhe, mäßig durchforstet. Da die erste Durchforstung später eingelegt wurde, als in den Tabellen vorgesehen, wurde diesen gegenüber zunächst noch eine etwas höhere Stammzahl belassen. Eine allmähliche Angleichung der Stammzahlhaltung an die Tabellen bei den nächsten Durchforstungen ist vorgesehen. Die Aufnahme 1969 erfolgte durch Professor SCHOBER. Die Außenarbeiten wurden von Herrn Forstassessor WINKLER und Herrn Revierförster KRETZSCHMAR durchgeführt. Die Ergebnisse der früheren Aufnahmen sind veröffentlicht in der Zeitschrift für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung (1952, 1953, 1956) und in Silvae Genetica (1967) und dort eingehend diskutiert.

### Die Ergebnisse der Aufnahme im November 1969 (im Alter von 19 Jahren)

Die wichtigsten Ergebnisse der Aufnahme im Zeitpunkt der ersten Durchforstung nach Abschluß der 19. Vegetationsperiode, eine Art Zwischenbilanz darstellend, seien hier wiedergegeben.

#### 1. *Pflanzenabgang*

Für die einzelnen Sorten ergeben sich bis jetzt nachstehende Abgangsprozente:

| | | |
|---|---|---|
| Schlitz × Schlitz | = | 8 % |
| *Larix eurolepis* | = | 4 % |
| *Larix lepteuropaea* | = | 6 % |
| Japan × Japan | = | 6 % |

Aus den geringen Abgängen kann nichts in genetischer Hinsicht gefolgert werden. Waren es zu Beginn des Versuches meist Früh-


*) Verf. (GOTHE) möchte bei dieser Gelegenheit Herrn Prof. ROHMEDER herzlich danken für seine wertvolle Beratung bei der Vorbereitung und Durchführung des Versuches in Schlitz.

fröste, welche die Populationen dezimierten, so ist es nun vor allem der Dichtstand, der einzelne unterdrückte Bäumchen zum Ausscheiden bringt.

### 2. *Schädlingsbefall*

Ein nennenswerter Befall durch Schädlinge war nicht zu verzeichnen. Über den besonders interessierenden Krebsbefall war festzustellen, daß *Stammkrebs* nur bei Schlitz × Schlitz (bei 2 von 27 Stämmen = 7 %) vorhanden war.

### 3. *Höhen- und Stärkenentwicklung*

#### a) Die Höhen

Es wurden bei Schlitz × Schlitz, Schlitz × Japan und Japan × Japan fast sämtliche Höhen und bei Japan × Schlitz, der stammzahlreichsten Sorte, 38 v. H. der Höhen gemessen. Aus den so ermittelten Höhen wurden Höhenkurven über dem Durchmesser für jede Sorte gezeichnet. (Abb. 1).

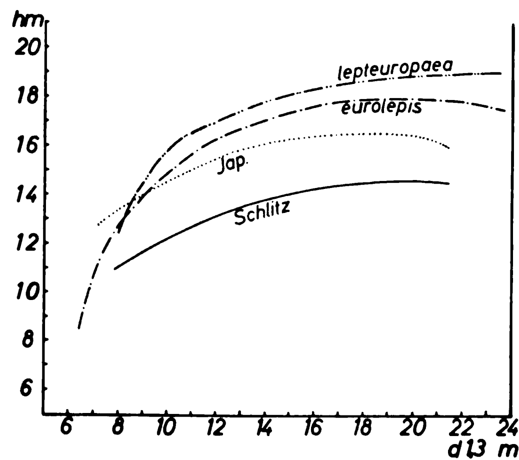



Abb. 1
Höhenkurven für das Alter 19 Jahre

Das Kurvenbild zeigt die Überlegenheit der Bastarde; dabei führt der Bastard mit der japanischen Lärche als Mutter weiterhin. Es folgen die Japanlärche und dann die Schlitzer Lärche. Nur die Höhenkurve der Schlitzer Lärche überschneidet im unteren Durchmesserbereich nicht die Höhenkurve einer anderen Sorte; sie liegt bei allen Durchmessern unter den Kurven der anderen Sorten. Die Höhenkurven der japanischen Lärche und der Bastarde erscheinen dagegen bei den niedrigeren Durchmessern mehr gebündelt, sie überschneiden sich und streben erst im Durchmesserbereich von 8 - 9 cm auseinander. Allgemein zeichnet sich im Vergleich zu den Höhenaufnahmen in den früheren Bestandesaltern eine Kurvenabflachung ab.

War in den beiden ersten Jahren die Rangfolge (nach mittleren Oberhöhen = durchschnittliche Höhen der 50 v. H. höchsten Pflanzen): Eurolepis — Lepteuropaea — Schlitz × Schlitz — Japan × Japan, so trat vom dritten Lebensjahr ab ein Wechsel ein. Lepteuropaea übernahm nun die Führung, dicht gefolgt von Eurolepis. Schlitz × Schlitz behauptete ihren dritten Rang, und Japan × Japan zeigte sich als geringstwüchsige Sorte (ebenfalls nach den mittleren Oberhöhen). Die nächsten Höhenmessungen konnten erst im Alter 15 und 19 erfolgen. Lepteuropaea nahm weiterhin den ersten Platz ein, den zweiten belegte wieder Eurolepis, Japan × Japan war nun auf den dritten Platz vorgerückt und Schlitz × Schlitz auf den letzten zurückgefallen (nach den Höhenkurven über dem Durchmesser). Der Kurvenverlauf am Ende der 19. Vegetationsperiode ähnelt sehr dem am Ende der 15. Vegetationsperiode, nur hebt sich Lepteuropaea noch deutlicher ab, jetzt auch schon bei den niedrigeren Durchmesserklassen. Kurvenbündelungen bzw. Überschneidungen bei den kleineren Durchmessern kommen im ersten und dritten (nur bei den Bastarden), im fünfzehnten (außer bei Schlitz × Schlitz) und im neunzehnten Jahr (wieder außer bei Schlitz) vor.

Zum Vergleiche durchschnittlicher Höhen kamen zunächst die gemessenen Höhen jeder Sorte zur Mittelung. Man erhielt so eine Art arithmetische Mittelhöhe.

Aus den Lorey'schen Mittelhöhen der ertragskundlichen Aufnahme vom November 1969 für den verbleibenden und für den ausscheidenden Bestand wurden ferner über deren Grundflächen die LOREY'schen Mittelhöhen des Gesamtbestandes vor der ersten Durchforstung errechnet. Diese und andere Höhenwerte sind aus der Tabelle 1 zu ersehen.

Die einzelnen Sorten weichen wie folgt in ihren Mittelhöhen nach LOREY in den Altern 19 und 15 (frühere Aufnahme) vom Sortenmittel (Mittelwert aller Sorten) ab:

Tabelle 1
**Einige Höhenwerte des Gesamtbestandes vor der ersten Durchforstung (einschließlich der Randstämme), Aufnahme November 1969, 19jährig**

| Höhenwerte | | | Schlitz x Schlitz | *Larix eurolepsis* | *Larix lepteuropaea* | Japan x Japan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Arithmetische Mittelhöhe *) | | $\bar{h}$ | 12,82 m | 16,76 m | 17,50 m | 15,39 m |
| Mittelhöhe nach LOREY | a) absolut | $h_L$ | 13,21 m | 17,31 m | 17,81 m | 15,79 m |
| | b) in % | $h_L$ % | 100 % | 131 % | 135 % | 120 % |
| | ($h_L$ Schlitz x Schlitz = 100 %) | | | | | |
| Oberhöhe (Weise) | a) absolut | $h_{dom}$ | 14,0 m | 17,9 m | 18,7 m | 16,2 m |
| | b) in % | $h_{dom}$ % | 100 % | 128 % | 134 % | 116 % |
| | ($h_{dom}$ Schlitz x Schlitz = 100 %) | | | | | |
| größte Baumhöhe | | $h_{max}$ | 15,00 m | 18,50 m | 20,50 m | 17,00 m |
| kleinste Baumhöhe | | $h_{min}$ | 9,00 m | 8,50 m | 13,00 m | 11,50 m |
| größte Baumhöhe in % der kleinsten | | $\frac{h_{max}}{h_{min}} \cdot 100$ | 167 % | 218 % | 158 % | 148 % |

*) Arithmetisches Mittel der Höhen fast aller Stämme, jedoch bei Lepteuropaea nur von 38 % aller Stämme (diese in gleichmäßiger Verteilung auf die Durchmesserstufen gemessen).

| | | Alter 19: | Alter 15: |
|---|---|---|---|
| Schlitz × Schlitz | = | — 17,8 % | — 23,6 % |
| *Larix eurolepis* | = | + 8,0 % | + 9,5 % |
| *Larix lepteuropaea* | = | + 11,1 % | + 10,4 % |
| Japan × Japan | = | — 1,4 % | + 3,7 % |

Werden die LOREY-Höhen für die beiden Eltern Schlitz × Schlitz und Japan × Japan gemittelt und vergleicht man mit dieser Höhe die Höhen der beiden Bastarde Eurolepis und Lepteuropaea, dann ergibt sich ein so bezogener Heterosiseffekt im Alter 19 (in Klammer die Werte für das Alter 15 Jahre) von 119 % (122 %) für den Eurolepis-Bastard und von 123 % (123 %) für den Lepteuropaea-Bastard.

In den Oberhöhen nach WEISE weichen die Sorten wie folgt vom Sortenmittel ab:

| | | Alter 19 |
|---|---|---|
| Schlitz × Schlitz | = | — 14,4 % |
| *Larix eurolepis* | = | + 7,9 % |
| *Larix lepteuropaea* | = | + 9,0 % |
| Japan × Japan | = | — 1,5 % |

### b) Die Durchmesser

Die Durchmesser in Brusthöhe wurden bei sämtlichen noch lebenden Bäumen des Gesamtbestandes einschließlich der ersten Durchforstung an den dauerhaft markierten Stellen über Kreuz gemessen. Tabelle 2 gibt die erhaltenen Werte wieder.

Seit der ersten Stärkenmessung im Jahre 1954 beim Alter von 4 Jahren führt *L. eurolepis.* Es folgen *L. lepteuropaea*, Japan × Japan und Schlitz × Schlitz.

Die Abweichungen der arithmetisch-mittleren Durchmesser vom Sortenmittel betragen bei den einzelnen Sorten:

| | | Alter 19: | Alter 15: |
|---|---|---|---|
| Schlitz × Schlitz | = | — 13,9 % | — 14,0 % |
| *Larix eurolepis* | = | + 9,7 % | + 9,5 % |
| *Larix lepteuropaea* | = | + 4,1 % | + 3,4 % |
| Japan × Japan | = | — 0,1 % | — 1,0 % |

Werden die arithmetisch-mittleren Brusthöhendurchmesser für die beiden Eltern gemittelt und mit den Durchmessern der beiden Bastarde verglichen, dann ergibt sich ein so bezogener Heterosiseffekt im Alter 19 (in Klammer die Werte für das Alter 15 Jahre) von 118 % (118 %) für den Eurolepis-Bastard und von 112 % (112 %) für den Lepteuropaea-Bastard.

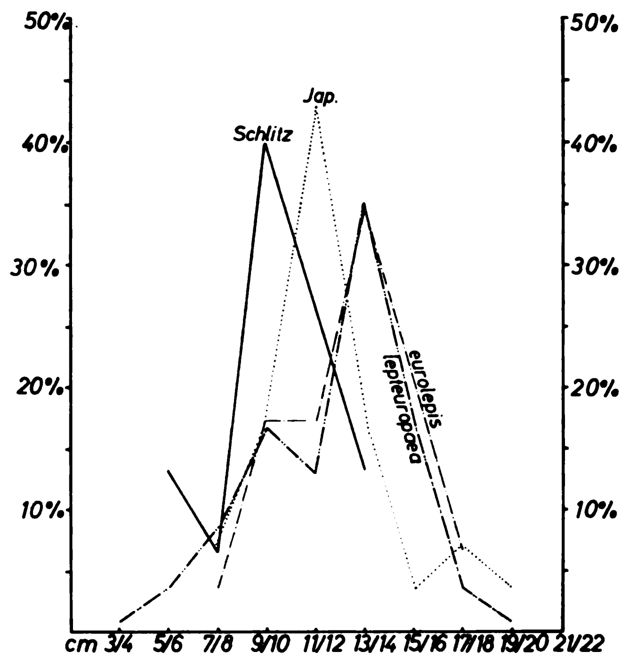



Abb. 2
Durchmesser-Frequenzkurven für das Alter 19 Jahre
Verteilung der Stammzahl auf 2 cm-Stärkestufen in Prozenten
(Gesamtbestand ohne Randstreifen)

Die Stärkenentwicklung ist mit dem Höhenwachstum korreliert, wobei als Ausnahme Lepteuropaea Eurolepis in der Höhe überlegen, im Durchmesser unterlegen ist.

### c) Die Differenzierung der Einzelstämme im Wachstum

Über die Differenzierung im Höhen- und Stärkenwachstum können auch jetzt noch keine schlüssigen Aussagen gemacht werden; es wäre deshalb verfrüht, aus dem Grad der Differenzierung Rückschlüsse auf die Reichhaltigkeit (Verschieden- bzw. Gleichartigkeit) des Erbanlagenbestandes und damit auf die Anpassungsfähigkeit der einzelnen Sorten zu ziehen. Auch kann noch keine Beurteilung des „waldbaulichen Auslesewertes" der Sorten im Sinne von FISCHER und RIEGER (1965) gegeben werden. Bis jetzt scheint im Höhenwachstum der Bastard Eurolepis und im Dicken-

Tabelle 2
**Einige Durchmesserwerte des Gesamtbestandes vor der ersten Durchforstung (einschließlich der Randbäume), Aufnahme November 1969, 19jährig**

| Durchmesser-Werte | | Schlitz x Schlitz | *Larix eurolepsis* | *Larix lepteuropaea* | Japan x Japan |
|---|---|---|---|---|---|
| arithmetisch-mittlerer Durchmesser | | | | | |
| a) absolut | $\bar{d}_{1,3}$ | 11,81 cm | 14,84 cm | 13,61 cm | 13,47 cm |
| b) relativ | $\bar{d}_{1,3}$ % | 100 % | 126 % | 115 % | 114 % |
| (in % von Schlitz x Schlitz) | | | | | |
| Durchmesser des Kreisflächenmittelstamms | | | | | |
| a) absolut | $d_g$ | 12,2 cm | 15,4 cm | 14,3 cm | 14,0 cm |
| b) relativ | $d_g$ % | 100 % | 126 % | 117 % | 115 % |
| ($d_g$ Schlitz x Schlitz = 100 %) | | | | | |
| größter $d_{1,3}$ | $d_{max}$ | 20,3 cm | 23,5 cm | 25,2 cm | 20,1 cm |
| kleinster $d_{1,3}$ | $d_{min}$ | 8,4 cm | 6,5 cm | 5,2 cm | 6,5 cm |
| größter $d_{1,3}$ in % des kleinsten | $\frac{d_{max}}{d_{min}} \times 100$ | 242 % | 362 % | 485 % | 309 % |

wachstum der Bastard Lepteuropaea am stärksten differenziert zu sein (siehe Tabelle 1, 2 und Abbildung 1, 2).

Allgemein sind im Stärkenwachstum — nach Ausschaltung der Randbäume — die Bastarde in den höheren Durchmesserstufen stärker differenziert als die reinen Ausgangssorten. Dabei liegen die höchsten Frequenzen der Stammzahl einer Durchmesserstufe bei den Bastarden bei größeren Stammstärken als bei den Sorten Schlitz × Schlitz und Japan × Japan.

### 4. *Grundfläche und Masse*

Die Grundflächen und Derbholzmassen des Gesamtbestandes (verbleibender und ausscheidender Bestand) und ihre gegenseitigen Beziehungen unter besonderer Berücksichtigung der Stellung der Bastarde sind aus der Tabelle 3 ersichtlich.

Die Werte für den Gesamtbestand sind hier einmal für die Versuchsflächen mit und einmal ohne Randbäume nach den Trennstreifen zu angegeben.

Die Überlegenheit der Bastarde ist in beiden Fällen offenkundig. Dabei unterscheiden sich auch hier wieder die reziproken Kreuzungen bei einer leichten Überlegenheit von Eurolepis über Lepteuropaea. Der Wachstumsvorsprung der Bastarde gegenüber dem Mittel der Eltern ist in den Versuchsflächen ohne Einbeziehung der Randbäume sehr bedeutend und erreicht in der Gesamtwuchsleistung an Kreisfläche: 21-26 %, an Derbholz: 50-51 % (!). Ein Blick in die Ertragstafeln für europäische und japanische Lärche (Schober 1946 u. 1953) zeigt eine den I. Ertragsklassen beider Tafeln weit überlegene Leistung der Bastarde an Grundfläche und vor allem an Derbholzmasse (dGz der Bastarde = 19 fm gegenüber 5 u. 8 fm für eur. u. jap. Lä I.).

### 5. *Unterschiede der Zuwachsleistungen zwischen den Flächen mit und ohne Einbeziehung der Randbäume*

Erwartungsgemäß ist die Leistung an Grundfläche und erklärlicherweise vor allem an Volumen einschließlich der Randbäume entlang den unbestockten Trennungsstreifen zwischen den Sorten wesentlich höher als auf der Bestandesfläche ohne Einbeziehung der Randbäume (siehe Tab. 3). Die Mehrleistungen schwanken bei der Grundfläche von 7-25 % und bei der Derbholzmasse von 13-28 %. Die Bastarde zeigen dabei die größten Leistungsunterschiede in den ertragskundlichen Daten für die Flächen mit und ohne Randbäume. Diese bei kleineren Probeflächen erfahrungsgemäß eintretenden Verzerrungen der ha-Leistungen durch freistehende Randbäume bestätigen wieder einmal, daß diese bei ertragskundlichen Untersuchungen und Vergleichen nicht einbezogen werden dürfen. Sogar das Leistungsverhältnis verschiebt sich bei Einbeziehung ihrer vitaleren Randbäume. zugunsten der Bastarde.

### 6. *Schaftformen und Kroneneigenschaften*

Im Zuge der Aufnahme erfolgten auch Schaft- und Kronenansprachen, und zwar getrennt nach „Verbleibender Bestand" und „Ausscheidender Bestand" und unterschieden nach Flächen „mit" und „ohne Randbäume".

Die Ansprache der Schaft- und Kronenformen stützte sich auf die nachstehenden Kriterien: Schaftform 1 = gerade Stämme; (bo) = schwach bogige Stämme; bo = bogige Stämme; ***bo*** = stark bogige Stämme; Krone 1 = gute, breit entwickelte Krone; do = desgl., jedoch dominierende (vorwüchsige) Krone; (gr) = eine leicht nach Umfang oder Dichte gering entwickelte Krone; gr = gering entwickelte und *gr* = sehr gering entwickelte Krone —

Tabelle 3
**Grundflächen und Derbholzmassen des Gesamtbestandes vor der ersten Durchforstung, Aufnahme 1969, 19jährig**

| Gesamtwuchsleistungen an: | | Bezugsgröße | Schlitz x Schlitz | *Larix eurolepsis* | *Larix lepteuropaea* | Japan x Japan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Versuchsfläche | | | | |
| **Grundfläche** | qm je ha | **ohne Randbäume** | 26,25 | 36,39 | 35,08 | 31,71 |
| | in % Schlitz x Schlitz | **ohne Randbäume** | 100 % | 139 % | 134 % | 121 % |
| | in % des Mittels der Eltern | **ohne Randbäume** | | 126 % | 121 % | |
| | | Versuchsfläche | | | | |
| | qm je ha | **mit Randbäumen** | 28,14 | 45,36 | 42,43 | 36,41 |
| | in % Schlitz x Schlitz | **mit Randbäumen** | 100 % | 161 % | 151 % | 129 % |
| | in % des Mittels der Eltern | **mit Randbäumen** | | 141 % | 131 % | |
| | Mehrleistung in % | Versuchsfläche mit zu ohne Randbäume | 7 % | 25 % | 20 % | 15 % |
| | | Versuchsfläche | | | | |
| **Derbholz** | fm je ha | **ohne Randbäume** | 159,1 | 288,6 | 287,3 | 223,5 |
| | in % Schlitz x Schlitz | **ohne Randbäume** | 100 % | 181 % | 181 % | 140 % |
| | in % des Mittels der Eltern | **ohne Randbäume** | | 151 % | 150 % | |
| | | Versuchsfläche | | | | |
| | fm je ha | **mit Randbäumen** | 179,4 | 368,7 | 356,5 | 263,2 |
| | in % Schlitz x Schlitz | **mit Randbäumen** | 100 % | 206 % | 199 % | 147 % |
| | in % des Mittels der Eltern | **mit Randbäumen** | | 167 % | 161 % | |
| | Mehrleistung in % | Versuchsfläche mit zu ohne Randbäume | 13 % | 28 % | 24 % | 18 % |

Tabelle 4a
**Schaftformen der herrschenden Stämme (ohne Randbäume), Aufnahme November 1969, 19jährig**
**(Gesamtbestand vor der ersten Durchforstung)**

| | | Schaftformen | | | | | Anteil säbelwüchsiger Stämme | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gerade (vollständig) | gerade (jedoch am Stammfuß leichter Säbelwuchs) | schwach bogig | bogig | Schaftformbewertungsziffer i. M. | schwacher Säbelwuchs | stärkerer Säbelwuchs | Sa. |
| | Qualitätsziffer | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| | | % | % | % | % | | % | % | % |
| Schlitz x Schlitz | | 7,7 | 7,7 | 53,8 | 30,8 | 3,1 | 23,1 | 7,7 | 30,8 |
| *L. eurolepis* | | 3,6 | 14,3 | 64,3 | 17,8 | 3,0 | 35,7 | 32,1 | 67,8 |
| *L. lepteuropaea* | | 12,8 | 21,3 | 50,0 | 15,9 | 2,7 | 34,0 | 21,3 | 55,3 |
| Japan x Japan | | 23,1 | 3,9 | 69,2 | 3,8 | 2,5 | 23,1 | 3,8 | 26,9 |

Tabelle 4b
**Kroneneigenschaften der herrschenden Stämme (ohne Randbäume), Aufnahme November 1969, 19jährig**
**(Gesamtbestand vor der ersten Durchforstung)**

| | | Kroneneigenschaften | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Breite, allseitig gut entwickelte Kronen | | | Durchschnittlich entwickelte Kronen (etwas eingeklemmt, etwas einseitig oder flächenmäßig etwas gering) | Schlecht entwickelte Kronen (stärker eingeklemmt, stärker einseitig od. flächenmäßig sehr gering) | Kronenbewertungsziffer i. M. |
| | | a) dominierende Stämme | b) übrige herrschende Stämme | c) Sa. | | | |
| | Qualitätsziffer: | | | 1 | 2 | 3 | |
| | | % | % | % | % | % | |
| Schlitz x Schlitz | | — | 38,5 | 38,5 | 46,1 | 15,4 | 1,8 |
| *L. eurolepis* | | — | 28,6 | 28,6 | 39,3 | 32,1 | 2,0 |
| *L. lepteuropaea* | | 4,3 | 31,9 | 36,2 | 29,8 | 34,0 | 2,0 |
| Japan x Japan | | 7,7 | 26,9 | 34,6 | 46,2 | 19,2 | 1,8 |

(kl) schwach eingeklemmte; kl = eingeklemmte; ***kl*** = stark eingeklemmte; (e) schwach einseitige; e = einseitige und ***e*** = stark einseitige Krone.

Die Ergebnisse dieser Kronen- und Schaftformansprachen liegen in zwei Hauptübersichten — einmal ohne und einmal mit Einbeziehung der Randbäume — vor. Hier sollen in vereinfachter, zusammengefaßter Form in den Tabellen 4a und 4b jedoch nur die Ergebnisse für den Bestand ohne Randbäume wiedergegeben werden, da die Einbeziehung der Randbäume mit ihren wechselnden Flächenanteilen und ihren für geschlossene Bestände atypischen Schaftformen den Vergleich beeinträchtigt hätte.

Aus den Schaftformeigenschaften lassen sich mit Vorbehalt einige interessante Schlüsse ziehen. Die beste Schaftform hat z. Zt. die japanische Lärche und die geringste die europäische Lärche. Die Bastarde stehen dazwischen, wobei der Eurolepis-Bastard wiederum schlechter zu beurteilen ist als der Lepteuropaea-Bastard. Der Anteil der säbelwüchsigen Stämme ist bei den Bastarden als den wüchsigsten Sorten weitaus am größten. Der Säbelwuchs sitzt fast ausnahmslos im untersten Stammteil und dürfte, durch die Umwelt (Windwirkung auf die Junglärchen) bedingt, in der Reaktion auf diese jedoch auch genetisch verursacht sein.

Schon früher wurde von Schober (1969) darauf hingewiesen, daß im allgemeinen die Lärche umso mehr vom Wind geschoben wird, je raschwüchsiger sie in der Jugend ist. Die Japanlärche zeigt am wenigsten Säbelwuchs.

Aus den Kroneneigenschaften (Tab. 4b) kann allerdings nicht viel geschlossen werden, weil die Kronenbedrängnis vor der ersten Durchforstung sich bei den besonders wüchsigen Bastarden am stärksten deformierend ausgewirkt haben muß. Die jetzt durchgeführte erste Durchforstung und die nun regelmäßig folgenden Eingriffe dürften erst die Entwicklung der Kronen deren Ausladungsvermögen entsprechend regulieren.

Um den Einfluß der Randstellung auf das qualitative Baumwachstum, der auch in genetischer Hinsicht von Interesse sein kann, annähernd zu erfassen, sei noch der Anteil der Bäume in der herrschenden Schicht mit breiten, allseitig gut entwickelten Kronen und gleichzeitig vollkommen geraden Schäften mitgeteilt, und zwar:
a) für die Probeflächen einschließlich der Randbäume
b) für die Probeflächen ohne die Randbäume:

| | mit Randbäumen | ohne Randbäume |
|---|---|---|
| Schlitz × Schlitz | 8,0 % | 7,7 % |
| *Larix eurolepis* | 8,7 % | — |
| *Larix lepteuropaea* | 16,7 % | 9,6 % |
| Japan × Japan | 20,5 % | 7,7 % |

In erster Linie führt die bessere Bekronung der Randbäume so zu einer wesentlichen Erhöhung des Anteils von herrschenden Bäumen mit guter Kronen- und Schaftform mit Ausnahme der Sorte Schlitz × Schlitz.

**Zusammenfassung**

1. Auch im Alter von 19 Jahren sind die Bastarde im Höhen- und Dickenwachstum den reinen Arten noch deutlich über-

legen. Diese Erscheinung wird als Heterosis gedeutet. Der Abstand im Höhenwachstum zwischen den Bastarden einerseits und den reinen Arten andererseits hat sich bisher kaum verändert.

Noch stärker übertreffen die Bastarde mit ihrer Leistung an Grundfläche und vor allem an Volumen die Ausgangssorten. Dabei ist deren erreichte Wuchsüberlegenheit ganz bedeutend.

2. Aus dem Grad der Differenzierung bei der Höhen- und Stärkenentwicklung können — wenngleich sich auch Tendenzen schon abzeichnen — noch keine Rückschlüsse auf den Erbanlagenbestand, im besonderen nicht auf mögliche Unterschiede in seiner Reichhaltigkeit zwischen den reinen Arten und den Bastarden gezogen werden.

3. Bezüglich der Formeigenschaften scheint *Larix leptolepis* die beste Schaftform und Schlitz × Schlitz die geringste zu haben. Die Bastarde nehmen eine Art Mittelstellung ein. Sie sind — vermutlich infolge ihrer raschen jugendlichen Wüchsigkeit — durch den Winddruck am stärksten säbelwüchsig. Die anlagebedingten Kroneneigenschaften sind wohl zur Zeit noch von den Auswirkungen der übermäßigen Kronenbedrängnis überdeckt.

4. Aus genetischer Sicht wird immer die Frage des gegenseitigen Verhaltens der reziproken Kreuzungen interessieren. Es zeigt sich, daß sowohl im Höhen- als auch im Stärkenwachstum die reziproken Formen voneinander abweichen. Ebenso sind die Leistungen an Grundfläche und Volumen bis auf einen Wert (Derbholzmasse des Bestandes ohne Randbäume) etwas verschieden. Auch in den Schaftformeigenschaften unterscheiden sich die reziproken Kreuzungen.

Weiterhin ist die Frage von Interesse, ob die Artbastarde bezüglich ihrer morphologischen Eigenschaften eine Mittelstellung zwischen den Eltern einnehmen oder nicht. Der Habitus von Lärchenbastarden — bedingt durch Stellung und Länge der Äste — wird verschieden beurteilt. Meist wird intermediäres Verhalten festgestellt. In dem Lärchen-Kreuzungsversuch Schlitz hingegen lag schon bei den 5jährigen Bastarden die Kronenform nicht in der Mitte zwischen der relativ schmalen Krone der europäischen und der breiteren der japanischen Lärche; die Bastarde besaßen eine breitere Kronenform als die Eltern.

5. Über die Widerstandsfähigkeit gegenüber Dasyscypha willkommii (Krebsresistenz war eines der Züchtungsziele) können noch keine gesicherten Angaben gemacht werden.

6. Die Aufnahme vom November 1969 stellt eine Art Zwischenbilanz vor der ersten Durchforstung dar.


## Summary

Title of the paper: *A crossing of Larix europaea D.C., of Schlitz provenance with L. leptolepis Gord.*

1. Hybrids exceed parents in growth of height, diameter and especially volume. No decline of superiority is observed to age 19. Heterosis is indicated as cause.

2. Differentiation in height and diameter development shows trends which, however, do not yet demonstrate differences between hybrids and parents very clearly.

3. Form is best in *L. leptolepis* and poorest in Schlitz x Schlitz. The hybrids are intermediate, but suffer from leaning possibly due to the fast growth rate. Crown shape characteristics are yet masqued by effects of crowding.

4. Reciprocal crossings differ in height and diameter growth. Volume increment (except in a stand without border trees) and form also differ. The crown shape of the hybrids was not intermediate between the narrow Schlitz and broad Japanese shape, but broader than any of the parents.

5. Data on resistance against *Dasyscypha willkommii* are not yet available.

6. Present results are preliminary before 1st thinning.

E. F. B.



## Résumé

Titre de l'article: *Expérience de croisement entre Larix europaea D.C. origine SCHLITZ, et Larix leptolepis Gord.*

1. A l'âge de 19 ans, les hybrides sont encore supérieurs pour la croissance en hauteur et en diamètre aux espèces pures. Ce phénomène s'explique par l'heterosis. La différence de croissance en hauteur entre les hybrides d'une part et les essences pures d'autre part n'a jusqu'ici que très faiblement varié.

Pour l'accroissement en surface terrière, et surtout en volume, la supériorité des hybrides par rapport aux espèces dont est issu le croisement est encore plus grande. Le gain de croissance obtenu avec eux est donc particulièrement important.

2. A partir du degré de différenciation de la croissance en volume et en hauteur, il n'est pas encore possible de tirer des conclusions quant à la valeur génétique du peuplement; notamment il est possible qu'il y ait des différences de fécondité entre les hybrides et les espèces pures.

3. En ce qui concerne les qualités de forme, il semble que ce soit *Larix leptolepis* qui ait les meilleurs futs et Schlitz x Schlitz les plus mauvais. Les hybrides présentent des cas intermédiaires. Par suite vraisemblablement de leur rapide croissance juvénile, ils sont le plus déformés sous l'effet du vent. Les caractéristiques de forme des couronnes liées à l'hérédité sont encore masquées à ce jour du fait de la concurrence excessive entre ces couronnes.

4. Sur le plan génétique, la comparaison du comportement des croisements réciproques constitue toujours une question intéressante. Aussi bien pour la croissance en hauteur que pour la croissance en diamètre, les sujets issus de croisements réciproques présentent des différences. De même pour l'accroissement en surface terrière et en volume dans une certaine mesure (volume bois fort du peuplement en éliminant les arbres de bordure), on note quelques différences. Les arbres issus de croisements réciproques se diversifient également pour la qualité des futs. En outre il est intéressant de savoir si vis-à-vis des caractères morphologiques, les hybrides sont ou non intermédiaires avec leurs parents. La conformation des hybrides de mélèze, liée à la position et à la longueur des branches, donne lieu à des observations diverses. Dans le cas général, le comportement des hybrides est intermédiaire. Par contre dans l'expérience de croisements de SCHLITZ, au bout de 5 ans déjà, la forme des couronnes des hybrides ne représente pas un intermédaire entre la couronne relativement étroite du mélèze européen et celle plus large du mélèze du Japon. Les hybrides ont une couronne plus large que celle des parents.

5. Aucunes donnés sûres ne peuvent encore être fournies sur la résistance à *Dasyscypha willkommii* (l'étude de la résistance au chancre du mélèze était un des objectifs de recherche).

6. L'inventaire de novembre 1969 constitue une sorte de bilan intermédiaire avant la première éclaircie.

J. M.


## Literatur


DIMPFLMEIER, R., (1959): Die Bastardierung in der Gattung Larix. Beihefte z. Fw. Cbl. 12. — FISCHER, F., (1952): Einige Ergebnisse aus dem Internationalen Lärchenversuch 1944. Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen 28. — FISCHER, F., und RIEGER, G., (1965): Einige Ergebnisse aus einem Lärchenanbauversuch im Hochschwarzwald. Schweiz. Zeitschrift Forstwesen 116. — GOTHE, H., (1967): Ein Kreuzungsversuch mit Larix europaea D. C., Herkunft Schlitz, und Larix leptolepis Gord. Zeitschr. Forstgenetik 1, 108-110 (1952); 2, 122-125 (1953); 5, 116-125 (1956), und Silvae Genetica 16, 178-180. — HAGEMANN, R., (1959): Plasmatische Vererbung. Wittenberg Lutherstadt. — HÜHN, M., (1970): Untersuchungen zur Konkurrenz zwischen verschiedenen Genotypen in Pflanzbeständen. II. Darstellung des Untersuchungsmodells und Ableitung einiger Beziehungen über Konkurrenzvarianzen und Heritabilitäten. Silvae Genetica 19. — LANGNER, W., (1951/52): Kreuzungsversuche mit Larix

europaea D. C. und Larix leptolepis Gord. Zeitschr. Forstgenetik 1. — LEVINE, R. P., (1966): Genetik. München-Basel-Wien. — ROHMEDER, E., und SCHÖNBACH, H., (1959): Genetik und Züchtung der Waldbäume. Hamburg und Berlin. — SCHOBER, R., und FRÖHLICH, H. J., (1967): Der Gahrenberger Lärchen-Provenienzversuch. Schriftenreihe der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen, Bd. 37/38. — SCHOBER, R, (1969): Jungbestands-Durchforstungen in Provenienzversuchen europäischer und japanischer Lärche. AFJZ 140. — SYRACH LARSEN, C., (1937): The employment of species, types and individuals in forestry. Yearb. Roy. Vet. Agric. Coll., Copenhagen.

# Korrektur der Tannen-Sortentafel 1963 im Bereich der Stammholzklasse 1 Heilbronner Sortierung

Aus der Baden-Württ. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt — Abt. Ertragskunde, Freiburg/Br.

Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle

Von E. ALTHERR

## 1. Problemstellung

In Heft 4-6 des Jahrgangs 1963 dieser Zeitschrift (1) hat der Verfasser eine mit Hilfe des Schaftkurvenrechenschiebers (2) konstruierte Tannen-Sortentafel für $\lambda = 0.560$ veröffentlicht, deren Sortengrenzen und -Prozente nach den damals maßgeblichen Bestimmungen der „Holzmeßanweisung (HOMA)" vom 1. 10. 1936 abgeleitet worden sind.

Mit Inkrafttreten der neuen „Handelsklassensortierung für Rohholz (Forst-HKS)" vom 31. 7. 1969 wurden u. a. auch die Klassifizierungsgrenzen der Stammholzklasse H 1 (Heilbronner Sortierung) neu festgesetzt. Diese Änderung besteht darin, daß die Mindestlänge von 6 auf 8 m, der Mindestzopfdurchmesser o. R. von 8 auf 10 cm heraufgesetzt wurde. Das Stammholz Klasse H 1 wird demnach künftig wesentlich stärker und länger dimensioniert sein, was zweifellos im Interesse des Rundholzkäufers wie auch des Waldbesitzers liegen dürfte.

Die Ausformung der Stammholzklasse H 1 spielt allerdings nach den augenblicklichen Sortierungsgepflogenheiten aus verschiedenen Gründen nur noch eine untergeordnete Rolle. Anstelle dieses Sortiments wird vielenorts die Aufbereitung von „Industrieholzlang (INL)" bevorzugt, weil dieses forstliche Rohprodukt teilweise bereits in großen Mengen an zentrale Holzhöfe angeliefert und dort mit geringstmöglichem Aufwand (der jeweiligen Nachfrage- und Preissituation auf dem Schwachholzmarkt angepaßt) optimal sortiert bzw. zum Vorteil des Waldbesitzers mit bestmöglichem betriebswirtschaftlichem Effekt verkauft werden kann. Trotzdem scheint mir eine Berichtigung der seit 1963 bei der Verwaltung gebräuchlichen Sortentafel dringend geboten. Dies nicht zuletzt auch im Hinblick auf die Ausarbeitung von Optimierungsprogrammen für die Schwachholzausformung, mit der eine speziell gebildete Arbeitsgruppe unserer Forschungsanstalt (Dr. HÖFLE) beauftragt worden ist.

## 2. Änderung der graphischen Sortentafel

Die in der obengenannten Abhandlung (1, Abbildung 13) dargestellte graphische Sortentafel wurde im Bereich der Stammholzklasse H 1 nach der seinerzeit geschilderten Methode neu bearbeitet, so daß sich nähere Ausführungen erübrigen. Das Ergebnis ist im beigefügten Graphikum dargestellt. Wie ersichtlich, ist die zur Erreichung der Klasse 1 mindestens erforderliche Scheitelhöhe um 3-7 m nach oben gerückt und auch die Sortenanteile des Stamm- und Schichtholzes haben sich gegenüber den bisherigen Werten teilweise beträchtlich geändert.

Diese Sortenprozente beziehen sich (wie bei der Tafel 1963) auf die Vfm$_D$-Volumina m. R. der von unserer Abteilung Biometrie mit Hilfe logarithmischer Polynome überarbeiteten Ta-Volumentafel HAUSSER 1952. Brauchbare Sortimentierungsergebnisse können daher nur dann erwartet werden, wenn die Sortenprozente auf diese ausgeglichene Volumentafel ohne Altersstufen bezogen werden, wie sie in den „Hilfstabellen für die Forsteinrichtung der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 1966, Teil II" (3) erschienen ist.

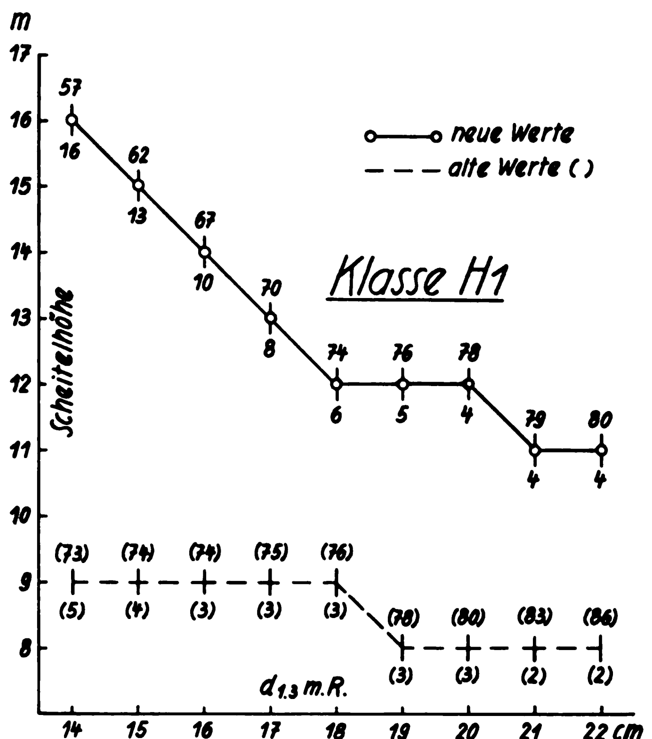



Abbildung 1

*Grenzkurve und Sortenprozente der Stammholzklasse H 1 nach den neuen HKS-Bestimmungen, verglichen mit den bisherigen HOMA-Werten*

Stammholz- (oben) und Schichtholzprozente (unten) beziehen sich auf die jeweiligen Vfm$_D$-Volumina m. R.

## 3. Änderung der tabellarischen Erntemassentafel

Die zeitraubende Sortenzerlegung von Beständen auf dem Umweg über eine durchmesserstufenweise Berechnung der Vorratsvolumina läßt sich wesentlich vereinfachen, wenn statt der graphischen die tabellarische Sorten- und Erntemassentafel benutzt wird (1, Tabelle 12). Letztere enthält direkte Erntevolumina für Stamm- und Schichtholz, die jeweils nur mit der entsprechenden Baumzahl der Durchmesserstufen multipliziert werden müssen. Sie ist somit völlig unabhängig von der jeweils „gültigen" bzw. von der Verwaltung gerade „eingeführten" Volumentafel. Dadurch werden

a) Abweichungen im Sortenergebnis vermieden, wie sie bei Anwendung der graphischen Sortentafel auf andere Volumentafeln zu erwarten sind und

b) beträchtliche Zeitersparnisse möglich. Dies dürfte auch im Zeitalter der Automatisierung noch von einiger Bedeutung sein, weil nicht jedem Waldbesitzer eine EDV-Anlage zugänglich ist.

Es war deshalb zweckmäßig, die 1963 erschienene tabellarische Erntevolumentafel im Bereich der Stammholzklasse H 1 ebenfalls zu überarbeiten. Die neuen, den Bestimmungen der HKS entsprechenden Werte können der beigefügten Zahlenübersicht entnommen werden.

### 4. Zusammenfassung

Durch die anstelle der „HOMA" von 1936 neu eingeführte „Forst-HKS" wurden u. a. auch die Klassifizierungsmerkmale des Stammholzes Klasse 1 der Heilbronner Sortierung geändert. Dies machte eine Korrektur der vom Verfasser im Jahrgang 1963 dieser Zeitschrift (1) veröffentlichten graphischen und tabellarischen Tannensortentafel ($\lambda$ = 0.560) im Bereich dieser Stammholzklasse notwendig, damit die theoretisch abgeleiteten Sortenergebnisse der Wirklichkeit angepaßt werden können.

### Summary

Title of the paper: *Correction of the sortiment-volume table for Silver fir, 1963, in the stem class 1, Heilbronner Sortierung,*

The new "Forst-HKS", replacing the former "HOMA" of 1936, also changed the sorting criteria for stem class 1 of the Heilbronner grading rules. Consequently, the sortiment-volume graphs and tables for Silver fir ($\lambda$ = 0.560) (1) had to be revised accordingly. E. F. B.

### Résumé

Titre de l'article: *Corrections aux tables d'assortiments pour le sapin de 1963 pour les grumes de classe 1 de l'assortiment de Heilbronner.*

Le remplacement récent par les tables «FORST-HKS» des tables «HOMA» de 1936 a entrainé également une modification des critères de classification des fûts de la classe I de l'assortiment de Heilbronner. Ceci a rendu nécessaire une correction, pour cette classe de fûts, des tables d'assortiments du sapin ($\lambda$ = 0,560) — tableaux et graphiques — publiés par l'auteur dans cette revue en 1963; ainsi les assortiments résultants des calculs théoriques sont conformes à la réalité. J. M.

### Literatur

1. Altherr, E., 1963: Untersuchungen über Schaftform, Berindung und Sortimentsanfall bei der Weißtanne. Heft 4-6. — Ders., 1953: Genaue Sortimentierung und Bewertung von Nadelholzbeständen mit Hilfe „echter" Ausbauchungsreihen. Forstw. Centralbl. — 3. Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, 1966: Hilfstabellen für die Forsteinrichtung, Teil II Stuttgart.

**Tabellarische Erntemassentafel für die Tanne ($\lambda$ = 0.560) im Bereich der Stammholzklasse H 1 nach den neuen Bestimmungen der „Forst-HKS"** (Efm o. R.; Schichtholz = kursiv)

| $d_{1.3}$ m. R. | Scheitelhöhe in Metern | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 14 | | | | | | 0.076<br>*0.021* | 0.082<br>*0.023* | 0.087<br>*0.024* | 0.092<br>*0.026* | 0.097<br>*0.027* | | 1 |
| 15 | | | | | 0.088<br>*0.018* | 0.095<br>*0.020* | 0.101<br>*0.021* | 0.108<br>*0.023* | 0.115<br>*0.024* | 0.121<br>*0.025* | 0.127<br>*0.027* | |
| 16 | | | | 0.099<br>*0.015* | 0.108<br>*0.016* | 0.116<br>*0.017* | 0.124<br>*0.018* | 0.133<br>*0.020* | 0.141<br>*0.021* | 0.148<br>*0.022* | 0.156<br>*0.023* | 0.164<br>*0.024* |
| 17 | | | 0.107<br>*0.012* | 0.117<br>*0.013* | 0.127<br>*0.014* | 0.136<br>*0.016* | 0.146<br>*0.017* | 0.155<br>*0.018* | 0.165<br>*0.019* | | | |
| 18 | | 0.115<br>*0.009* | 0.127<br>*0.010* | 0.138<br>*0.011* | 0.149<br>*0.012* | 0.161<br>*0.013* | 0.172<br>*0.014* | 0.184<br>*0.015* | | | | |
| 19 | | 0.131<br>*0.009* | 0.144<br>*0.009* | 0.157<br>*0.010* | 0.170<br>*0.011* | 0.184<br>*0.012* | 0.197<br>*0.013* | | | | | |
| 20 | | 0.148<br>*0.008* | 0.163<br>*0.008* | 0.178<br>*0.009* | 0.193<br>*0.010* | 0.208<br>*0.011* | | | | Klasse 2<br>(Zahlen unverändert) | | |
| 21 | 0.148<br>*0.007* | 0.164<br>*0.008* | 0.182<br>*0.009* | 0.198<br>*0.010* | 0.215<br>*0.011* | | | | | | | |
| 22 | 0.163<br>*0.008* | 0.182<br>*0.009* | 0.201<br>*0.010* | 0.219<br>*0.011* | | | | | | | | |

# Der Einsatz großmaßstäblicher Luftbilder im Wildlife Management und der Wildbewirtschaftung

Aus dem Institut für Forsteinrichtung und forstliche Betriebswirtschaft der Universität Freiburg

(Mit 8 Fotos)

Von Götz Schürholz

### Bedeutung und Problematik des Wildlife Management

Der viel zitierte Begriff „Wildlife Management" soll hier verstanden werden als Bewirtschaftung jagdbarer und nicht jagdbarer terrestrischer und aquatischer Tierarten unter Berücksichtigung ihres Milieus und seiner Manipulation. Das in dieser Definition zum Ausdruck gebrachte Programm dient der Erhaltung und nachhaltigen Produktion sämtlicher Arten und soll vor allem der erholungsuchenden Bevölkerung im weitesten Sinne zugute kommen.

Die Bewirtschaftung so ausgedehnter und komplexer Lebensbereiche, wie Ökosysteme sie charakterisieren, fordert kontrollierbare Regulative von Seiten möglichst neutraler Institutionen. Diese Aufgabe wird von den Wildlife Departments übernommen, die von Wildlife Managern geleitet werden. Deren Verantwortungsbereich geht weit über rein wildbiologische Fragen hinaus. Planung und praktische Maßnahmen werden durch allgemeine Probleme wie Trinkwasserversorgung, Boden- und Vegetationskartierung, Umweltverschmutzung etc. gesteuert. Wilddichte und Wildartenzusammensetzung werden häufig negativ beeinflußt durch destruktive „side effects" des Produktionsprozesses. So kann beispielsweise eine unkontrollierte Siedlungspolitik das Habitat vieler Tierarten einschränken und im Extremfall zum Aussterben adaptionsunfähiger Arten führen. So hat der Einsatz von Pestiziden in der Land- und Forstwirtschaft in weiten Teilen der Erde die natürlichen Biozönosen gestört und dadurch selbst den Menschen gefährdende Labilsysteme geschaffen. Daraus wird ersichtlich, daß zur Erhaltung der Arten umfassende Schutzgesetze notwendig werden, die sich auf eine genaue Kenntnis biologischer und technischer Probleme stützen. Für die Aufstellung von Abschußplänen, die Festlegung von Schonzeiten, die Abgrenzung populationsdynamisch bedeutungsvoller Areale etc. ist der Wildlife Manager bzw. Wildbiologe angewiesen auf das Verständnis und die Mitarbeit der Bevölkerung.

Für die Formulierung von Wildbewirtschaftungsprogrammen wurden schon frühzeitig Luftbilder verwendet. So beschreibt beispielsweise Dalke bereits 1937 Methoden zur Vegetationskartierung mit Hilfe des Luftbildes. Petrides schließt sich im Jahre 1944 mit generellen Vorschlägen zum Einsatz von Flugzeugen für Wildstudien an, Olsen konzipierte seine Vorstellungen über Wapiti-Zählungen im Jahre 1945. Im folgenden Zeitraum findet sich bis zur Gegenwart eine große Anzahl allgemeiner Literaturhinweise für die Verwendung von Luftbild und Flugzeug im Wildlife Management. Der Einsatz des Luftbildes läßt sich dabei in vier Gruppen gliedern:

Kartierungsarbeiten in der Vegetationsanalyse und Habitatausscheidung und -wertung (Chapmann 1947, 1963, Harris 1951, Einevoll 1968 et al.);

Wildzählungen (Banfield 1955, Benson 1963, Bergerud 1963, Croon et al. 1968, Evans et al. 1966 und viele andere Autoren);

Laichgrundansprache und Populationsschätzungen im Fischereiwesen (Crissey 1964, Eicher 1953 u. a.);

Populationsschätzungen von Vögeln anhand von Nestzählungen und Schablonenvergleich (Chattin 1952, Crissey 1957 und Jessen 1957).

Die Anwendung von Luftbildern für die komplexen Bereiche des Wildlife Managements wurde vor allem für die Gebiete interessant, in denen Feldkontrollen wegen erschwerter Begehbarkeit nur unter Einsatz hoher Kosten durchgeführt werden konnten. Für Kartierungsprojekte in der Großrauminventur fanden vornehmlich kleinmaßstäbliche Aufnahmen Verwendung. Zwar wurde auch in zunehmendem Maße Bildmaterial mit größeren Maßstäben hergestellt, doch handelte es sich dabei meist um Schrägphotos, aufgenommen von Kleinbildkameras. Dies erklärt sich daraus, daß man die Bedeutung der dritten Dimension bei großmaßstäblichen Luftbildern für Interpretationsarbeiten im Wildlife Management unterschätzte und die für die Erstellung dieser Aufnahmen mit konventionellem Gerät anfallenden erheblichen Kosten scheute.

### Aufnahmeverfahren

Mit der vorliegenden Studie soll ein neues photographisches Verfahren anhand von Illustrationen in seiner Einsatzmöglichkeit für den Bereich des Wildlife Managements vorgestellt werden.

Die hierzu verwendete 35 mm Konika Reflex Kamera wurde während der Testflüge von Hand bedient und war mit Hilfe einer Arretiervorrichtung in transversaler Position horizontierbar (vergl. Schürholz 1970). Abb. 1 zeigt den Einbau der speziell konstruierten Kameraaufhängung in eine leichte Sportmaschine vom Typ Cessna 172. Sitz und Tür mußten während des Bildfluges entfernt werden, um die Aufhängung auf die Schienen des Kopilotensitzes montieren und die Kamera aus dem Türloch der Kopilotenseite führen zu können.



Abb. 1
Der Einbau der Kameraaufhängung in eine leichte Sportmaschine vom Typ Cessna 172.

Wie die folgenden Stereopaare, Mosaiken und Kontaktabzüge zeigen, war es dem Kameramann möglich, Bildsequenzen aus geringer Höhe mit erforderlicher Überlappung herzustellen. Die Qualität der Photos ist der des konventionellen Bildmaterials (aufgenommen von Reihenmeßkammern und starken Objektiven) durchaus vergleichbar. Die erzielte Qualität genügt vollauf den an sie gestellten Forderungen; die Bilder werden in der Wildbewirtschaftung ausschließlich für interpretatorische Aufgaben verwendet; somit entfallen korrekte Maßstabbestimmung und Probleme, die für metrische Aufgaben bedeutsam sind. Der Vorteil

der so erstellten Aufnahmen ist auf die geringen Produktionskosten pro Flächeneinheit Positivmaterial zurückzuführen.

### Notwendigkeit einer Vegetationskartierung

Wenn man von der Überlegung ausgeht, daß nahezu die Hälfte des Festlands eingenommen wird von „range" Arealen, die begrast und beäst werden von domestizierten und „wilden" Tieren, so tritt die wesentliche Bedeutung eines klar umrissenen Management-Programmes für diese enormen Flächen zutage, da die Weltbevölkerung aus diesen Gebieten den Hauptanteil ihres Proteinbedarfs bezieht[1]). Diese Betrachtungsweise wurde und wird für weite Teile der Erde vernachlässigt, eine Tatsache, die häufig zu irreparablen Folgeschäden geführt hat. Bodendegradationen und großflächige Erosionserscheinungen sind leider allzu bekannte Symptome eines unüberlegten Vorgehens (vgl. Carneggie 1966). Die notwendige Konsequenz aus dieser Erkenntnis ist die Generalinventur der betroffenen Gebiete, um die für eine verantwortungsbewußte Politik notwendigen Informationen zu erhalten.

Die Anwendung prinzipieller Erkenntnisse der Pflanzenökologie ermöglicht es dem Wildlife- und Range Manager Produktivitätsbestimmungen durchzuführen und Entwicklungsprognosen für die entsprechenden Areale zu stellen.

Luftbildinterpretationen in diesem Fachgebiet setzen fundierte pflanzenökologische, bodenkundliche, geologische und klimatologische Kenntnisse beim Interpretierenden voraus. Für detaillierte floristische Angaben ist er dabei auf großmaßstäbliche Photos angewiesen, auf denen er nicht nur die Pflanzen direkt determinieren kann, sondern auch Auskünfte über Mischungsverhältnisse, Pflanzenvergesellschaftungen und Äsungskoeffizienten erhält (Joy et al. 1960).

Ein für die Vegetationskartierung häufig angewandtes Klassifizierungskriterium wird von den einzelnen Höhenschichten der Vegetation abgeleitet (vgl. Abb. 2). Diese Methode ist zurückzuführen auf das charakteristische Äsungsverhalten von Tieren in spezifischen Strata. Als Beispiel hierfür möge eine afrikanische Savannenlandschaft dienen, in der Elefanten und Giraffen die „Baumschicht" beäsen, Antilopen ihre Nahrung dagegen vornehmlich aus der Buschschicht" beziehen, die Gazellen aus der „Krautschicht", die Warzenschweine jedoch und verwandte Arten sich von der „Bodenschicht" ernähren. Eine ähnliche Systematisierung der Vegetationsschichten findet sich bei Einevoll (1968), angewendet auf skandinavische Rentieräsungsflächen.

Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt einer 30jährigen Pappelplantage von einer Fraserhalbinsel, auf der in offenem „range" Betrieb Weidevieh und Weißwedelhirsche das gleiche Habitat teilten.

Zwischen Weidevieh und diesen telemetacarpalen Cerviden besteht keine Nahrungskonkurrenz. Rinder begrasen vornehmlich die Bodenschicht, wogegen Weißwedelhirsche ausschließlich an Kräutern und Sträuchern äsen. In der oberen Bildhälfte der Abb. 2 sind auf der Freifläche Strauchgruppen zu erkennen, die aufgrund kontinuierlicher Beäsung markante Rundungsformen aufweisen. Bei den Sträuchern handelt es sich um Weidenarten, bevorzugte Äsungspflanzen von Weißwedelhirschen. Die Lichtverhältnisse des lückigen Bestandes schaffen optimale Wuchsbedingungen für die Busch- und Bodenschicht und damit günstige Habitate für Wild- und Viehbestände. Die Produktivität einer solchen Management-Fläche mißt man zweckmäßigerweise in Kilogramm Biomasse pro Flächeneinheit und Jahr. Da unter bestimmten Bedingungen konkurrierende Nutzungsinteressen auftreten können — im vorliegenden Fall bestehen antogonistische Vorstellungen bezüglich Nutzungsprioritäten und Notwendigkeiten zwischen Forst-, Agrar- und Wildwirtschaft —, wird eine Koordinierung so unterschiedlicher Interessen schwierig. Abb. 2 zeigt eine intensiv bewirtschaftete staatliche Pappelplantage. Eine ministerielle Genehmigung für Vieheintrieb wurde erteilt, jedoch auf eine bestimmte Zahl Rinder beschränkt. Die starken Ausfälle in den Plantagen und Zuwachsverluste, die bereits auf diesem Einzelphoto deutlich zu erkennen sind, lassen auf eine Übernutzung durch Weidevieh schließen. Bei einer Konfrontation der beteiligten Parteien sollte der „Schwarze Peter" dem Wildlife Manager und einer überhöhten Wilddichte zugeschoben werden. Belegmaterial von einer Gesamtbefliegung des betroffenen Gebietes zeigte jedoch eindeutig, daß die entstandenen Schäden zu Lasten des Farmers fielen.

[1]) Der Begriff „range" soll hier definiert werden als alles Nichtackerland, das Futter und Äsung produziert ohne Bodenvorbereitung.



Abb. 2
Die als offener Weidebetrieb auf einer Halbinsel des Fraser (Fluß in B. C., Kanada) gelegene Pappelplantage dient Weidevieh und Weißwedelhirschen als Habitat. Die Flughöhe betrug 140 m über Grund. Die einzelnen Vegetationsschichten sind deutlich zu erkennen. Man beachte die von Hirschen beäste Strauchgruppe in der oberen Bildhälfte.

Mit Hilfe von Bildmaterial konnte belegt werden, daß die Nutzungsinteressen von Landwirtschaft und der Wildbewirtschaftung nicht ausschließlich antagonistischer Natur zu sein brauchen. Es konnte illustriert werden, daß Wildwechsel und Trampelpfade von Weidevieh auf großmaßstäblichen Luftbildern differenzierbar sind. Häufig wird erst durch die Äsungsaktivität des Wildes eine Viehweide geschaffen, insofern die Strauchvegetation von einigen telemetacarpalen Hirschen kurz gehalten wird, um dadurch die für Graswuchs erforderlichen Lichtverhältnisse herbeizuführen.

### Habitatauswertung

In Untersuchungen von Großkahlschlagbetrieben wurden enge Beziehungen festgestellt zwischen Größe und Form von Freiflächen und der Dichte verschiedener Wildarten (Larson, 1966). Die Gründe für den sprunghaften Anstieg von Wildpopulationen im Zusammenhang mit Kahlschlägen sind vornehmlich in der nach Bestandesabtrieb üppig aufkommenden Kahlschlagsflora zu suchen. Als zweite Ursache für zunehmende Wilddichten wird der „edge" Effekt angeführt, der speziell für Bewohner der Busch- und Waldrandstufe, also besonders auch telemetacarpalen Cerviden, von Bedeutung ist (Schuster, Halls, 1962). Unter „edge" versteht

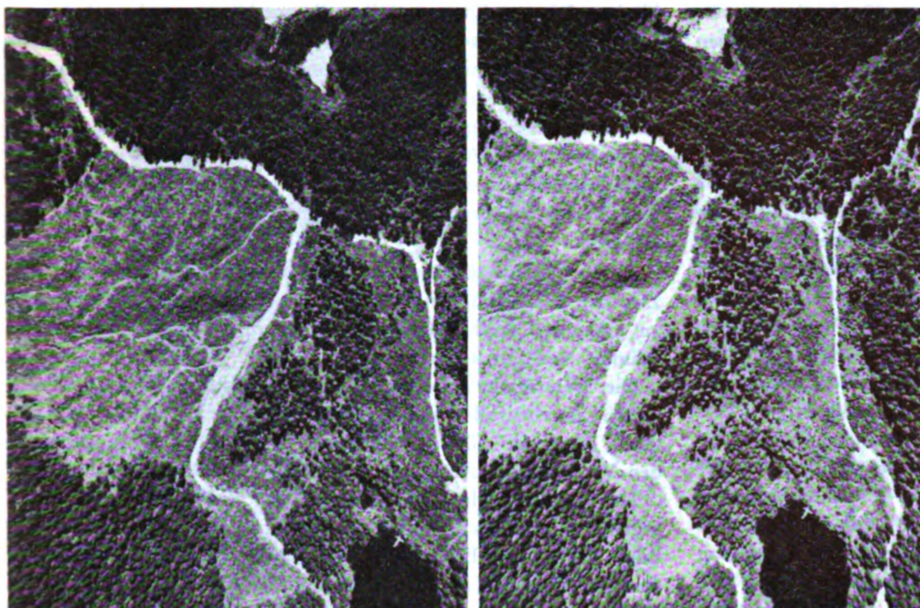


Abb. 3
zeigt eine Fläche, die aufgrund ihrer Heterogenität (vgl. Altersklassenverteilung in den Beständen, divergierende Kronenschlüsse, Pflanzenvergesellschaftungen auf den Freiflächen, offene Wasserstellen etc.) als optimales Habitat für Schwarzwedelhirsche (Odicoileus hemionus) angesprochen werden kann.

man die Grenze zwischen zwei unterschiedlichen Vegetationstypen bzw. die Grenze zwischen differierenden Altersklassen. Die Waldränder bieten Schalenwild am Tage den notwendigen Sichtschutz und Schatten, und von diesen „edges" zieht das Wild in der Dämmerung zur Äsung auf die Freiflächen.

Untersuchungen haben gezeigt, daß in den ersten 5 Jahren nach dem landesüblichen „burn over"-Verfahren von Kahlschlagflächen sich Rauhfußhuhnarten ansiedeln, um an den verbliebenen Samenkörnern und den zarten Knospen der frisch aufkommenden Vegetation zu äsen. Zwischen dem 5. und dem 15. Jahr nach Abräumen der Fläche stellen sich Cerviden ein, die in den ersten Jahren tagsüber zum Schutz in die umliegenden Altbestände einwechseln, jedoch mit Heranwachsen der Vegetation schon bald auch über Tage in den Flächen stehen bleiben (vgl. Abb. 3).

Für den Wildlife Manager sind großmaßstäbliche Luftbilder beschriebener Qualität für Habitatkartierungen von großer Bedeutung. Periodische Bildbefliegungen eines Management Areals nach festgelegten Stichprobeverfahren ersparen für Kartierungsarbeiten kosten- und zeitintensive terrestrische Kontrollen.

### Wilddichte-Bestimmung

Der Gebrauch von Senkrecht- und Schrägaufnahmen für die Bestimmung von Wildarten, für Wildzählungen und Wilddichteschätzungen anhand von Fährtenzählungen während des Sommers und Winters ist beschrieben von Autoren wie Banfield et al. (1955) und Evans et al. (1966). Als die beste Aufnahmezeit für Fährtendetermination und Direktzählungen von Wild werden für Großraumgebiete der nördlichen Breiten Sichtflüge während des Winters empfohlen. Das Großwild konzentriert sich während dieser Jahreszeit auf bestimmte Äsungsareale. Es zieht von den verschneiten Hochlagen talwärts, wo telemetacarpale Cerviden entlang der Flußläufe auch bei Tiefschnee an der üppigen Strauchvegetation genügend Nahrung finden. Wildschafe und ökologisch ähnliche Arten dagegen sind als typische Beäser der Bodenschicht angewiesen auf Hänge, die stark windexponiert sein müssen, um schneefrei gehalten zu werden. Direktzählungen sind im Winter erleichtert durch die starken Kontraste, die durch die dunklen Decken der Tiere und den schneebedeckten Untergrund hervorgerufen werden. Die Beobachtung und die Bestimmung von Fährten geben beschränkte, jedoch mitunter wertvolle Hinweise auf Wildverteilung, Artenzusammensetzung und relative Häufigkeit. Eine gebräuchliche Methode zur Festlegung und Bestimmung von Raubtierterritorien, wie von Vielfraß und Grizzly beispielsweise, ist die Fährtenlese vom Flugzeug. Ebenso dient die Fährtenansprache und Verfolgung während des Winters vom Flugzeug aus dem Aufspüren rudelartig zusammenlebender Arten wie Caribou und Wapiti. Abb. 4 zeigt, daß Wildfährten unter besonderen Umständen auch während anderer Jahreszeiten von Kameras tieffliegender Maschinen erfaßt werden können. Diese Aufnahme entstand bei der Befliegung eines Bisamratten-Management-Areals in einer Marschlandschaft nordöstlich von Vancouver im Frühsommer 1970. Die dunklen Trittsiegel von Schwarzwedelhirschen heben sich deutlich von dem hellen Schlick des Watts ab. Eine daraufhin eingeleitete Untersuchung ergab, daß Schwarzwedelhirsche sich auf die in diesem Gebiet anstehende, allgemein verschmähte Sauergrasvegetation adaptiert hatten.

### Biberbewirtschaftung

Bei der Bewirtschaftung von Biberpopulationen sind in den letzten Jahren mit der Schaffung von Weichholzplantagen in Canada und Nordamerika bedeutende Probleme aufgetreten. Schon bei Crissey (1946) und Matiak (1951) finden sich Hinweise auf die divergierenden Interessen bei dem Management dieser bedrohten Spezies. Sowohl wasserwirtschaftliche Manipulationen, wie



Abb. 4
Fährten von Schwarzwedelwild in einer Maschlandschaft nordöstlich Vancouver. Flughöhe 70 m über Grund, Frühsommer 1970.

Flußbegradigungen, Dämmung von Gewässern, Trockenlegung von Sumpfgebieten etc. als auch eine zunehmende Siedlungsdichte haben das Habitat des Bibers in alarmierendem Maße eingeschränkt. Der Biber hat nicht nur in entscheidender Weise in den nördlichen Breiten zur Landschaftsgestaltung beigetragen, sondern seine Tätigkeit wurde auch schon frühzeitig als bedeutungsvolle ökologische Maßnahme erkannt. Vom Aussterben dieser Art und dem Fehlen seiner konstruktiven Aktivität wird gleichzeitig eine große Anzahl anderer Wildarten in Mitleidenschaft gezogen, alle Spezies nämlich mit primärer und sekundärer Abhängigkeit von Wasser bzw. der einer Biberaktivität folgenden Biozönosesukzession. Dazu zählen neben Fischen und Vögeln selbst pelztragende Tiere und telemetacarpale Cerviden. Die hirschartigen Tiere sind während des Winters auf Salixarten angewiesen, die ideale Wuchsbedingungen zeigen in den durch die Biber geschaffenen Sumpfgebieten.

Erfahrungen haben gezeigt, daß Felduntersuchungen über relative Verbreitung von Bibern und Analysen des durch sie verursachten Schadens in intensiv bewirtschafteten Weichholzplantagen in Bodenkontrollen unwirtschaftlich sind. Zur Lösung der Kostenfrage werden periodische Befliegungen angeregt unter Verwendung des hier beschriebenen photographischen Systems mit Hilfe von 35 mm-Kameras. Zur Veranschaulichung diene folgendes Beispiel:

In einem jährlich erscheinenden inoffiziellen Rechenschaftsbericht wurden vom zuständigen Waldbaureferat des Fraserbezirkes bedeutende Schäden in den 40- bis 60jährigen Pappelplantagen des Fraser-Tales gemeldet, die auf Vorratsfällungen von Bibern zurückgeführt wurden. Unmittelbar nach Erscheinen des Berichtes hatte der Verfasser dieser Studie die Möglichkeit, im Rahmen von Testserien das betroffene Gebiet zu befliegen. Eine Auswertung des dabei erhaltenen Photomaterials, aufgenommen mit beschriebenem System, ergab, daß sich die Biberfällungen auf zwei unbedeutende Uferstreifen konzentrierten, die 0,2 % der Gesamtwirtschaftsfläche ausmachten. Diese absolut korrekten, im Labor ausgewerteten Ergebnisse differierten erheblich von jenen des Rechenschaftsberichtes. Der Bericht stützte sich auf drei kostspielige Stichproben, die per Boot durchgeführt werden mußten, da der Großteil der Plantagen auf einer Inselkette des Flusses lag. Ein Kostenvergleich zwischen der Befliegungsaktion und einer Bodenkontrolle ergab, daß die Erstellung der Bilder einschließlich Flugzeit, Film- und Entwicklungsmaterial um 65 % unter den Unkosten für die Feldkontrolle lag. Dazu muß gesagt werden, daß die in der Bodenkontrolle untersuchten Stichprobenflächen kein Repräsentativ der Gesamtfläche darstellten, da sich die Schadprozentangabe ausschließlich auf die drei begangenen Teilgebiete stützte, von denen zwei zufällig mit den beiden einzigen Schadgebieten übereinstimmten. Abb. 5 zeigt einen Ausschnitt aus einer der betroffenen Flächen. Die von Bibern gefällten Bäume können exakt auf diesem Photo ausgezählt werden. Daraus ergibt sich, daß eine systematische Befliegung mit Flächendeckung fehlerfreie Resultate liefert und mit geringerem Aufwand verbunden ist als eine zeitraubende und kostspielige Bodenkontrolle. Als günstige Jahreszeit für die Beobachtung und Aufnahme für Biberaktivitäten erwies sich der Spätherbst. Zu dieser Zeit beginnen die Tiere ihre Dämme für den Winter zu präparieren und Holz als Nahrungsreserve zu speichern.

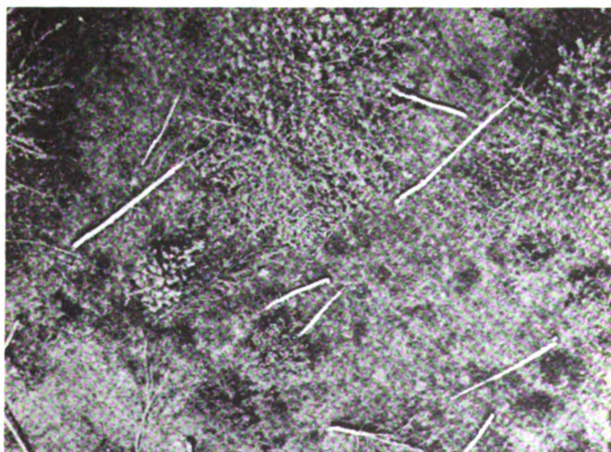


Abb. 5
Die Aufnahme zeigt Biberfällungen in Pappelplantagen des Fraservalleys. Die korrekte Erfassung der Schäden vom Luftbild erspart aufwendige Bodenkontrollen.

Auf großmaßstäblichen Schwarzweiß-Luftbildern sind die zur Zeit der Fällung hellen Holzspäne frisch gefällter Bäume leicht zu erkennen. Auch die Stubben und die von Ästen befreiten Stämme sind gut ansprechbar.

Die Determinierung verlassener oder noch bewohnter Biberdämme ist ebenfalls anhand genannter Kriterien zu der empfohlenen Jahreszeit möglich. Das Photomosaik Abb. 6 dokumentiert den Verlauf einer Aufnahmeserie an Hand eines Biberdammes.

Der bereits verlassene Damm lag in der Mitte des Frasers gegenüber den beschriebenen geschädigten Pappelplantagen. Die Biber hatten zur Beschaffung von Baumaterial und Äsung eine Strecke von ungefähr 200 m zurückzulegen gegen eine starke Flußströmung. Bei dem Damm handelt es sich um einen Notbau, bei dem zwei Sandbänke im Fluß mit Holzwerk miteinander verbunden wurden. Der Dammbau erfolgte nach einer Drainierung der in Intensivkultur genommenen Inselgruppen. Das jährliche Fraserhochwasser zerstörte periodisch das Bauwerk und die Biber wanderten aus.

### Populationsbestimmungen von Bisamratten

Die Bedeutung der Bisamratten für die Pelzindustrie erfordert ein intensives Management-Programm. Trotz hoher Vermehrungspotenz — ein Pärchen wirft im Jahresmittel zwei bis dreimal 10 bis 20 Jungtiere — wurde diese Spezies aufgrund zu starker Bejagung und bedeutender Habitateinschränkungen in weiten Teilen Nordamerikas ausgerottet. Dank strikter Schutzgesetze ist in den letzten Jahren ein allmählicher Anstieg in den Populationen zu verzeichnen.

Die Abhängigkeit der Bisamratten von Wasser und die damit verbundene erschwerte Begehbarkeit Ihres Habitates verhinderte auf lange Zeit eine nachhaltige Bewirtschaftung dieser Art. Der Hauptgrund dafür liegt in der ungenügenden und inkorrekten Populationsangabe für die einzelnen Management-Areale. Erst der Einsatz großmaßstäblicher Luftbilder ebnete dem Wildbiologen den Weg, die für eine geregelte Bewirtschaftung erforderlichen Maßnahmen zu treffen. Die Schrägaufnahme in Abb. 7 gibt einen Überblick über eine Marschlandschaft südlich von Pitt Lake (B. C.), einer den Trappern und zuständigen Wildbiologen recht bekannten Bisamrattensiedlung. Wegen der starken Schlickauflage in dieser Fläche und der zu geringen Wassertiefe während des Sommers ist eine Inventur dieses Gebietes weder zu Fuß noch per Boot während der warmen Jahreszeiten möglich. Die Befliegungen werden im Herbst durchgeführt, bei leichter Schneeauflage, da der Schnee eine bessere Differenzierung von verlassenen und aktiven Bisamburgen ermöglicht. Die befahrenen Burgen erscheinen auf Schwarzweißbildern wegen der höheren Temperaturabgabe dunkler im Ton als die bereits verlassenen. Die jährliche Auszählung der aktiven Burgen gibt Aufschluß über Anwachsen bzw. Absinken einer Population.

### Gedanken zur Vogelbewirtschaftung

Sprunghaft ansteigende Möwenpopulationen (Larus laribundus, Larus argentatus) haben in weiten Teilen der Erde unerwartete Probleme aufgeworfen. Verschmutzung von Trinkwasserreservoires und Gefährdung des Flugverkehrs auf den in Küstennähe gelege-

schwärme auf Feldern mit Jungsaaten hervorgerufen werden.

Die Verwendung von Luftbildern in der Vogelbewirtschaftung wird in der Literatur erstmalig in einem Artikel von MILLER erwähnt, in dem er 1932 von seinen Erfahrungen bei Entenzählungen vom Flugzeug aus berichtet. In den darauffolgenden Jahren wurden dann Flugzeug und Luftbilder zum unentbehrlichen Hilfsmittel und zwar in besonderem Maße für die zahlenmäßige Erfassung von Wasservögeln (COLWELL 1950, LEEDY 1953, YOUNG 1956 und KADLEC 1968). Das Luftbild wurde eingesetzt zur Bestimmung und Ausscheidung von Brutgebieten, zu Schätzungen von Vogelkonzentrationen während der Migrationszeit und zur Kartierung potentieller Schutzgebiete. Abb. 8 beweist die Eignung der in dieser Studie beschriebenen Technik auch für die Vogelbewirtschaftung. Das Photomosaik zeigt im Original insgesamt drei Möwenschwärme über einem Vorfluter in einem Wattgebiet der pazifisch-kanadischen Küste. Die einzelnen Individuen sind auf diesem vergrößerten Ausschnitt des Originals als helle Punkte zu erkennen und kontrastieren augenfällig auf den Schwarzweißbildern von dem ebenfalls hell erscheinenden Untergrund.

Vogelinseln und Brutkolonien auf dem Festland, die dem Wildbiologen bekannt sind, werden zur Brutzeit zur Schätzung von Populationsstärken überflogen und die Resultate finden Verwendung für neue Management-Richtlinien. Auch für dieses spezielle

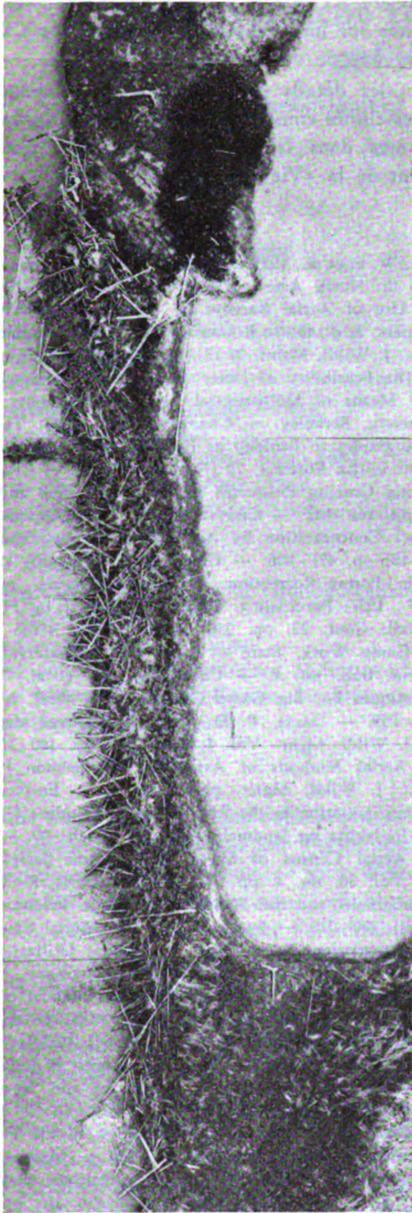


Abb. 6

Als Notbau errichteter Biberdamm in der Mitte des Frasers, östl. von Vancouver. Es ist deutlich zu erkennen, daß zwei Sandbänke mit Strauch- und Astwerk miteinander verbunden wurden.

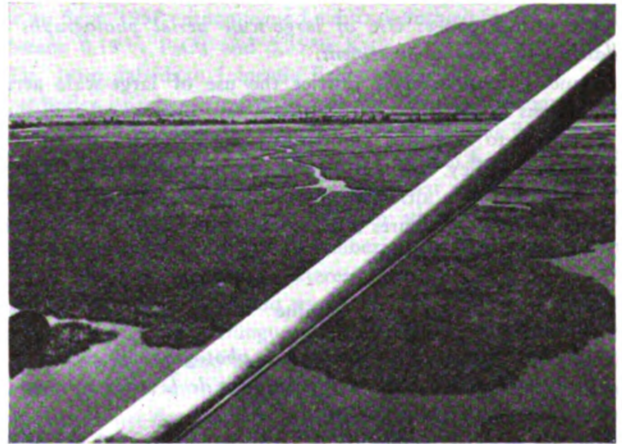


Abb. 7

Bisamratten-Management-Areal Pitt Lake. Die Populationsbestimmungen werden mittels Luftbildern im Spätherbst bei leichter Schneeauflage durchgeführt. Eine korrekte Angabe über Populationsstärken kann man machen, wenn die durchschnittliche Zahl der in einer Burg lebenden Individuen bekannt ist.

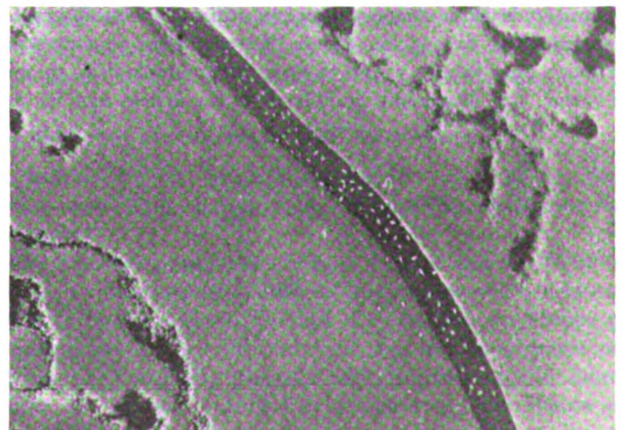


Abb. 8

Möwen auf einem Vorfluter in Boundary Bay (Pazifische Küste südlich Vancouvers, Canadas). Zur Vermeidung von Doppelzählungen können die Vögel im Labor einzeln markiert werden. Flughöhe: 150 m über Grund.

nen Flugplätzen sind zum bekannten Diskussionsgegenstand in der Tagespresse geworden (KADLEC, 1968). Der Flugsicherungsdienst Sidneys, Dublins, San Franziscos und vieler anderer Verkehrsflughäfen hat große Summen in Form von Forschungsmitteln zur Verfügung gestellt, mit dem Ziel einer speziellen Bewirtschaftungspolitik von Möwenpopulationen mit Hilfe besserer Kenntnis der Populationsdynamik dieser Vögel. Ein bedeutungsvoller Grund für den starken Populationsanstieg ist in der Schaffung idealer Futterbedingungen zu suchen, hervorgerufen durch die ständige Erweiterung von Müllhalden und Kläranlagen; dazu kommt die Adaptionsfähigkeit dieser Arten an die neuen Umweltbedingungen. Für den Wildbiologen entstehen dadurch schwierige Probleme; Bruthabitate schon im Aussterben begriffener Vogelarten, wie beispielsweise den Seeschwalben, müssen geteilt werden mit denen der Möwen, die die bedrohten Vögel ganz allmählich aus den angestammten Brutgebieten verdrängen und ihren Lebensraum übernehmen. In der Landwirtschaft werden Stimmen laut, die mit Recht eine Kostendeckung der Schäden fordern, die durch Möwen-

Teilgebiet der Wildbewirtschaftung hat das Luftbild weitgehendst aufwendige Bodenkontrollen ersetzen können und dient archiviert als signifikantes und unverfälschtes Dokumentationsmaterial.


## Zusammenfassung

Luftbilder sind dem Wildlife-Manager in Großraumgebieten der Erde zwar schon seit langer Zeit ein vertrautes Hilfsmittel zur Lösung seiner Management-Probleme, jedoch ist bis heute der Herstellung großmaßstäblicher Aufnahmen für den Bereich der Wildbewirtschaftung aus finanziellen Erwägungen meist nur ein untergeordnetes Interesse entgegengebracht worden. Die vorliegende Studie beschreibt die Anwendung eines neuen photographischen Verfahrens im Rahmen der Luftbildinterpretation für eine gezielte Wildbewirtschaftungspolitik. Das hier gezeigte Illustrationsmaterial wurde aufgenommen mit einer 35 mm Konika Auto-Reflex-Kamera, die in eine viersitzige Sportmaschine vom Typ Cessna 172 eingebaut war. Die durchschnittliche Flughöhe betrug 100 bis 150 Meter über Grund.

Die Detailqualität des erhaltenen Bildmaterials ist zufriedenstellend und genügt vollauf den an sie gestellten Forderungen als Informationsquelle für die verschiedenen Bereiche des Wildlife Management.

## Summary

Title of the paper: *Use of large-scale aerial photographs in wildlife and game management.*

Financial considerations restrict the use of large-scale aerial photographs in wildlife management. A new photographic method is described to interpret photographs for purposes of wildlife management policy. The photographs were taken from a Cessna 172 at 100 to 150 m alt. by a 35 mm Konika Auto-Reflex camera. The quality of the pictures is satisfactory and sufficient for wildlife management purposes. E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *L'utilisation des photographies aériennes à grande échelle pour l'étude des problèmes de la «Vie sauvage» : aménagement et mise en valeur.*

Pour les grandes régions de la terre, les photographies aériennes constituent depuis longtemps déjà un procédé habituel pour résoudre les problèmes d'aménagement dans le domaine de la «Vie sauvage»; par contre, jusqu'à maintenant, l'utilisation de photographies aériennes pour l'examen des questions financières qui se posent dans le cadre d'une mise en valeur liée à la «Vie sauvage» ne semblait présenter qu'un intérêt secondaire. La présente étude décrit comment peut être utilisé un nouveau procédé photographique dans le domaine de l'interpretation des clichés pris par avion pour la mise au point d'une politique planifiée de mise en valeur. Les documents qui illustrent cet article ont été pris avec une caméra KONIKA AUTO REFLEX avec objectif de 35 mm, montée sur un avion à 4 places du type CESSNA 172; l'altitude moyenne de vol était de 100 à 150 m.

La finesse des détails des photographies obtenues est satisfaisante et ces clichés constituent une source d'informations largement suffisantes dans les différents domaines ressortissant de l'aménagement de la «Vie sauvage». J. M.


## Literatur


Banfield, A. W. F. et al., 1955: An Aerial Survey Technique for Northern Big Game. 20 th. North Amer. Wildl. Confer. pp. 519 - 530. — Benson, D. A., 1963: Use of Aerial Surveys by the Canadian Wildlife Service. Occasional Papers, 3. p. 40. — Bergerud, A. T., 1963: Aerial Winter Census of Caribou. J. Wildl. Mgmt. 27 (3). pp. 438 - 449. — Carneggie, D. M. et al., 1967: The Feasibility of Determining Range Land and Crop Land Conditions by Means of Multispectral Aerial Photography. Final Report. School of Forestry, Berkeley. — Chapman, V. J., 1947: The Application of Aerial Photography to Ecology as Examplified by the Natural Vegetation of Ceylon. Indian Forester, 73 (7), pp. 287 - 314. — Chapman, C. W., 1963: Developing Grazing Resources in Georgia. J. Soil and Water Conservation 18, pp. 161 - 162. — Chattin, J. E., 1952: Appraisal of Californian Waterfowl Concentration by Aerial Photography. Trans. N. Amer. Wildl. Conf. 17, pp. 421 - 426. — Colwell, R. N., 1950: Uses of Aerial Photographs in Forest Recreation. Photo. Engineering. pp. 21 - 31. — Crissey, W. F., 1957: Forecasting Waterfowl Harvest by Flyways. Trans. N. Amer. Wildl. Conf. 22, pp. 256 - 267. — Ders., 1964: The Airplane in Fish and Game Work. State of New York. Conservation Departm. Wildlife Inform. Bull. no. 4. — Croon, G. W. et al., 1968: Infrared Scanning Techniques For Big Game Censusing. J. Wildl. Mgmt. October 1968, pp. 752 - 759. — Dalke, P. D., 1937: The Cover Map in Wildlife Management. J. Wildl. Mgmt. Vol. 1, nos. 3 - 4. pp. 100 - 105. — Eicher, G. J., 1953: Aerial Methods of Assessing Red Salmon Populations in Eastern Alaska. J. Wildl. Mgmt. pp. 521 - 527. — Einevoll, O., 1968: Photographic Interpretation in the Registering of Reindeer Grazings. Norsk Tidsskrift for jordskifte og landmaling. no. 1. pp. 91 - 99. —Evans, C. D. et al., 1966: Aerial Census of Moose by Quadrat Sampling Units. J. Wildl. Mgmt. Vol. 30, no. 4. pp. 767 - 776. — Harris, R. W., 1951: Use of Aerial Photographs and Sub-Sampling in Range Inventories. J. Range Mgmt. 4 (4). pp. 270 - 278. — Jessen, R. L., 1957: Aerial Census of Waterfowl Breeding Populations as an Index to Habitat Utilization. Minnesota Departm. Conserv. Game Invent. Report. 1. Mimeography. — Joy, C. A., 1960: Photo Interpretation in Range Management. Manual of Photo Interpretation. Chapter 9. pp. 531 - 538. — Kadlec, J. A. et al., 1968: Aerial Estimation of the Size of Gull Breeding Colonies. J. Wildl. Mgmt. Vol. 30, no. 4. pp. 767 - 776. — Larson, j. S. F., (1966): Forest Wildlife and Habitat Management. A Critical Examination of Practice and Need. Massachus. Coop. Wildl. Research Unit. Univ. of Massach. pp. 2 - 26. — Leedy, D. L., 1953: Aerial Photo Use and Interpretation in the Fields of Wildlife and Recreation. Photo Engineer. pp. 127 - 137. — Matiak, H. A., 1951: Quarterley Progress Report Surveys and Investigations. State of Wisconsin. — Miller, J. N., 1932: Duck Census from the Air. pp. 229 - 230. — Olsen, A., 1945: Elk Below. Salt Lake City Stevans and Wallis Inc. p. 104. — Petrides, G. A., 1944: Applying Principles of Naval Aircraft Recognition to Wildlife Study. J. Wildl. Magmt. pp. 253 - 259. — Schürholz, G., 1970: A Proposed System for 35 mm. Large Scale Aerial Photography in Natural Resource Management. Unpubl. Ma. Thesis. Main Library UBC, Canada. — Schuster, J. L. et al., Timber Overstory Determines Deer Forage in Shortleaf Loblolly Pine — Hardwood Forests. For. Chron. Vol. 38, no. 2. pp. 165 - 137. — Young, H. E., 1965: Recent Advances in Forest and Wildlife Photogrammetry. Maine Forester. pp. 23 - 27.

# Düngungsversuche zu 70- bis 90jährigen Buchenbeständen auf der Schwäbischen Alb

Aus der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Abt. Ertragskunde

(Mit 7 Abbildungen und 5 Tabellen)

Von K. Hausser, Hechingen

**Inhalts-Übersicht**



## 1.0 Einleitung

Da die Buche wegen ihrer geringen betriebswirtschaftlichen Leistungen seit langem ein Sorgenkind der Forstwirtschaft ist und über die Möglichkeiten, ihren Volumen- und Wertertrag durch Düngung zu erhöhen, wenig bekannt war [vgl. Mitscherlich u. Wittich 1963], wurden im Auftrag der Forstdirektion Südwürttemberg-Hohenzollern in den Jahren 1957 und 1958 im staatlichen Forstbezirk Pfronstetten auf großflächig vertretenen Standortseinheiten 3 Düngungsversuche in 70 - 90jährigen Beständen angelegt, über deren Ergebnisse nachstehend berichtet wird.

Der Abteilung Ertragskunde der Baden-Württ. Forstlichen Versuchsanstalt habe ich dafür zu danken, daß sie mir die Auswertung ermöglichte, wobei ich besonders Herrn Oberforstrat Dr. Altherr für Überlassung der von ihm durchgeführten neuesten Aufnahmen und die Berichtigung früherer Ergebnisse Dank schulde. Vor allem gilt mein Dank allen meinen früheren Mitarbeitern, die bei Anlegung, Aufnahme und Auswertung der Versuche mitwirkten und Frau E. Buhrmann, welche die graphischen Darstellungen zeichnete und die vielen Schreibarbeiten durchführte.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft ermöglichte die Auswertung durch mehrere Zuwendungen, wofür ich ihr hiermit bestens danke. Bei der Auswahl der Versuchsbestände, Anlegung und Durchführung der Versuche haben uns der Leiter des Forstamts Pfronstetten, Herr Forstdirektor Frick und seine Betriebsbeamten in jeder Weise unterstützt. Dafür sei hier nochmals herzlich gedankt.

## 2.0 Versuchsziel

Über die Frage, ob im Untersuchungsgebiet der Mittleren Alb Standorte vorkommen, auf denen das Wachstum der *Bu* durch Mangel an Nährstoffen begrenzt wird, war zur Zeit der Anlegung der Versuche wenig bekannt.

Bei dem basenreichen Ausgangsgestein, dem günstigen Humuszustand und der artenreichen, basische Bodenreaktion anzeigenden Bodenflora der Buchenbestände war ein solcher Mangel kaum zu erwarten. Auch die von H. Werner 1957/58 durchgeführte Standortskartierung gab keine diesbezüglichen Hinweise. Bodenuntersuchungen fehlten.

Die einzigen Anhaltspunkte verdanken wir Herrn Dr. Jung von der Versuchsstation Limburgerhof der BASF, welcher im Herbst 1957 Bodenproben von der 0-Parzelle des D. V. 115 untersuchte und die nachstehenden Ergebnisse zur Verfügung stellte, wofür ich ihm hier nochmals bestens danken möchte.

| | pH in KCL | mg in 100 g Boden leichtl., n. Egnér/Riehm | |
|---|---|---|---|
| | | $P_2O_5$ Kl.*) | $K_2O$ Kl.*) |
| $A_0$-Horizont | 5,50 | 9 II | 45 I |
| $A_1$-Horizont (reiner Mineralboden) | 4,60 | 2 III | 14 II |

*) Versorgungsklasse für landw. Nutzpflanzen — I = gut versorgt, II = mäßig versorgt, III = schlecht versorgt

Die im Sept. 1957 entnommene Laubstreu enthielt in der Trockensubstanz 0,18 % $P_2O_5$ und 0,35 % $K_2O$.

Dr. Jung gab dazu folgende Erläuterungen:
„Der Boden ist sehr gut mit Kali versorgt. Im $A_0$-Horizont ist auch der Gehalt an Phosphorsäure relativ hoch, nicht aber im darunterliegenden Mineralboden. Die pH-Werte dürften bei Buche durchaus für die Anwendung von Thomasphosphat sprechen. Beim beabsichtigten Wirkungsvergleich zwischen schwefelsaurem Ammoniak und Harnstoff dürfte die Einbeziehung von Kalkammonsalpeter m. E. ebenfalls von Interesse sein".

Auf Grund dieser Befunde wurde als *Versuchsziel* vorgesehen, die Wirkung einer NP-Düngung auf den Zuwachs 70- bis 90jähriger Bu zu erproben und außerdem die Wirkung von Kalkammonsalpeter (NKAS) und Harnstoff (NHar) zu vergleichen. Infolge von Fehlern bei der Versuchsdurchführung war jedoch dieser Vergleich nicht möglich.

1969 hat Rehfuess im Untersuchungsgebiet die Nährstoffversorgung der nach Laubwald angebauten Fichten untersucht und festgestellt, daß auf mittelgründigem Kalkverwitterungslehm, auf dem unsere Versuche liegen, die Fichten mit N und K ausreichend, mit P sogar überdurchschnittlich versorgt sind und „daß auch auf der Schwäbischen Alb die Wuchsleistung der Fichte maßgeblich durch den Grad der Stickstoffversorgung bestimmt wird". Daher war es wohl richtig, bei der etwas anspruchsvolleren Buche in erster Linie durch Zufuhr von N zu versuchen, den Zuwachs zu steigern.

## 3.0 Methoden der Aufnahme und Auswertung

Die Versuche Nr. 114 und 115 wurden auf Ende des Vegetationsjahres 1957, Nr. 122 Ende 1958 angelegt und stammweise numeriert.

*Die Bestandesgrundflächen* wurden hier in anderer Weise berechnet als bei unseren Nadelholz-Düngungsversuchen (Hausser 1971). Während man bei letzteren die zwei mit mm-Kluppe gemessenen Durchmesser gemittelt, auf 1-cm-Stufen gerundet und daraus die Grundfläche bestimmt hatte, wurde hier jeder Durchmesser für sich auf 1-cm-Stufen gerundet und die Summe der Grundflächen beider Durchmesser halbiert.

Die Berechnung der *Derbholzvorräte* erfolgte in üblicher Weise mittels der Massentafel von Grundner und Schwappach.

Da besonders bei der Bu von den Komponenten des Volumenzuwachses (iv) der Grundflächenzuwachs (ig) die am sichersten

bestimmte Größe ist und da hier der Volumenzuwachs für kurze, 3- bis 5jährige Perioden berechnet werden mußte, wurde der iv nicht aus den Differenzen der Derbholzvorräte, sondern m. E. sicherer nach der von DINKELAKER (1965) beschriebenen Methode über den Grundflächenzuwachs berechnet (iv = ig xT). Das führte zu weitgehender Gleichläufigkeit der ig- und iv-Werte (vgl. Abschn. 8.0). Die den Altersstufen und Höhenbonitäten entsprechenden Werte für T ließen sich aus der Ertragstafel von DIETERICH (1925) ableiten.

Dieses Verfahren war hier besonders angebracht, da sich die Vergleichsparzellen in Bonität und Ausgangsgrundflächen kaum unterschieden.

## 4.0 Lage und Standort

Die Versuche liegen auf der Hochfläche der mittleren Alb und zwar *Nr. 114 und 115* in Distr. VI Bahnholz Abt. 6 bzw. 5, Meereshöhe: 720 - 750 m, 10 - 15 % nach NNW geneigter Hang, 4 km ostwärts von Pfronstetten im Wuchsbezirk 2a: „Mittlere Flächenalb".

*Nr. 122* in Distr. I Mörsbuch Abt. 5, 800 m hoch, eben, 5 km nördlich von Pfronstetten, gehört zum Wuchsbezirk 1a: „Mittlere Kuppenalb".

Die nachfolgenden Angaben über Klima und Standortseinheiten sind den von H. WERNER verfaßten Erläuterungen zur forstlichen Standortskarte des Forstbezirks Pfronstetten (1958) entnommen.

*Das Klima* ist kontinental mit einer Durchschnittstemperatur von 6,7° C und jährlichen Temperaturschwankungen von bis 18° C. Die mittleren Jahresniederschläge betragen 800 mm, von denen 60 % auf das Sommerhalbjahr entfallen.

*Geologische Formation:* Weißjura Epsilon.

*Standortseinheiten:* Lt. Standortskarten:

*D. V. 114:*

Mäßig frischer Weiß-Jura-Hangbuchenwald am Schatthang (SchH). Diese Standortseinheit herrscht, auf den mäßig steilen Schatthängen der Flächenalb vor. Es handelt sich um diluvialen Gehängeschutt bzw. mittelgründigen Kalkverwitterungslehm.

Bodentyp: Braunerde. Mäßig frisch bis frisch.

*Humus:* Schwache Mullmoderauflage in guter Zersetzung.

*Bodenflora: Asarum europaeum, Oxalis acetosella, Elymus europaeus.*

*D. V. 115:*

Parzelle 2 und 3 wie D. V. 114, Parz. 1 liegt im Übergang zu der Standortseinheit „Elymus-Buchenwald auf mittelgründigem Kalkverwitterungslehm, frische Variante" (fr. KVL), die mit 9 % an der Gesamtfläche beteiligt ist.

*Humus:* wie D. V. 144.

*Bodenflora: Oxalis acetosella, Asarum europaeum.*

*D. V. 122:*

„Elymus-Buchenwald auf mittelgründigem Kalkverwitterungslehm" (KVL) nach H. WERNER einer „Normalausbildung" der Verwitterungsböden der Albhochfläche, die auf oberen und schwach geneigten Lagen 31 % der Fläche des Forstbezirks einnimmt.

*Bodentyp:* Braunerde. Mäßig frisch bis mäßig trocken. Auf der Versuchsfläche sehr steinig.

*Humus:* schwacher Moder in guter Zersetzung.

*Bodenflora: Mercurialis perennis, Asperula odorata, Oxalis acetosella, Viola silvatica, Elymus europaeus, Luzula silvatica, Milium effusum.*

## 5.0 Die Bestände

Es handelt sich um 70- bis 90jährige Buchenhochwald-Bestände der Bonitäten dGz 6 und 7 (Wiedemann) mit sehr gleichmäßiger Stammzahlverteilung und nur geringen Bonitätsunterschieden zwischen den Parzellen.

Tab. 1 enthält die ertragskundlichen Daten bei Versuchsbeginn. Die Grundflächen-Bestockungsgrade bei Versuchsbeginn lagen bei D. V. 114 zwischen 0,87 und 0,88, bei D. V. 115 zwischen 0,95 und 1,00 und bei D. V. 122 zwischen 0,96 und 1,00 der E. T. WIEDEMANN.

## 6.0 Versuchsanordnung und -durchführung

Jeder Versuch besteht aus 3 auf gleicher Höhe nebeneinander liegenden, durch 5 m breite Streifen getrennten 0,25 ha großen

Tabelle 1
**Düngungsversuche Nr. 114, 115 und 122**
**Ertragskundliche Ergebnisse 1957(58) - 1969**
**Bonität bei Versuchsbeginn: DV 114 und 115 = dGz 6, DV 122 = dGz 7 (Wiedemann)**

| Vers.-Nr. Parz.-Nr. | Düngung | Jahr Alter | n | dg cm | hg m | ga m² | $V_7$ Vfm | DF-Anfälle Alter | DF-Anfälle Vfm | gm m² | ig m² | ig % von O | gm m² | ig m² | ig % von O | iv Vfm | iv % von O | Mehr geg. O Vfm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 114 | | 1957 | | | | | | | | Alter: 70 - 75 (1957 - 62) | | | 75 - 82 (1962 - 69) | | | | | |
| 2 | O | 70 | 1006 | 17,8 | 20,3 | 25,0 | 245 | 75 | 74 | 27,1 | 0,83 | 100 | 24,1 | 0,73 | 100 | 12,5 | 100 | — |
| 1 | NP | 70 | 976 | 18,0 | 20,0 | 24,7 | 235 | 75 | 65 | 26,7 | 0,77 | 93 | 24,9 | 0,84 | 115 | 14,3 | 114 | + 1,8 |
| 3 | NPK | 70 | 1015 | 17,7 | 19,8 | 25,0 | 238 | 75/79 | 81 | 27,2 | 0,85 | 102 | 24,4 | 0,83 | 114 | 14,2 | 114 | + 1,7 |
| 115 | | 1957 | | | | | | | | Alter: 87 - 92 (1957 - 62) | | | 92 - 99 (1962 - 69) | | | | | |
| 2 | O | 87 | 682 | 23,0 | 22,7 | 28,4 | 314 | 92 | 71 | 29,8 | 0,59 | 100 | 26,8 | 0,58 | 100 | 10,9 | 100 | — |
| 1 | NP | 87 | 664 | 23,7 | 23,4 | 29,2 | 331 | 92 | 83 | 30,6 | 0,57 | 97 | 27,1 | 0,64 | 110 | 12,0 | 110 | + 1,1 |
| 3 | NP | 87 | 679 | 23,8 | 23,2 | 30,1 | 344 | 92/96 | 94 | 31,5 | 0,54 | 92 | 27,7 | 0,68 | 117 | 12,6 | 116 | + 1,7 |
| 122 | | 1958 | | | | | | | | Alter: 90 - 94 (1958 - 62) | | | 94 - 101 (1962 - 69) | | | | | |
| 2 | O | 90 | 540 | 26,5 | 25,6 | 29,8 | 375 | 94/98 | 75 | 31,0 | 0,61 | 100 | 28,2 | 0,57 | 100 | 10,6 | 100 | — |
| 1 | NP | 90 | 531 | 27,3 | 26,6 | 31,1 | 414 | 94 | 89 | 32,4 | 0,63 | 103 | 28,6 | 0,63 | 111 | 11,8 | 111 | + 1,2 |
| 3 | NPK | 90 | 568 | 26,4 | 26,2 | 31,2 | 403 | 94/98 | 106 | 32,5 | 0,69 | 113 | 28,3 | 0,61 | 107 | 11,5 | 108 | + 0,9 |

**Tabelle 2**
**Zeitpunkt, Art und Menge der verwendeten Düngemittel und Reinnährstoffe.**

*Abkürzungen:* PT = Thomasphosphat  N Har = Harnstoff
NKAS = Kalkammonsalpeter  NPK = Chloridfreier Mehrnährstoffdünger

| | Datum | Düngemittel | Menge kg/ha | Reinnährstoffe in kg/ha | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | CaO |
| *D. V. 114* Parz. 1 | XII. 1957 | PT | 500 | | | 75 | | 225 |
| | VI. 1958 | N Har | 218 | | 100 | | | |
| | V. 1959 | N KAS* | 500 | | 102 | | | 92 |
| | VI. **1963** | N Har | 440 | | 202 | | | |
| | | | | zus. | 404 | 75 | | 317 |
| Parz. 3 | XII. 1957 | PT | 500 | | | 75 | | 225 |
| | VI. 1958 | N KAS* | 487 | | 100 | | | 90 |
| | V. 1959 | NPK | 800 | | 96 | 96 | 160 | |
| | VI. **1963** | N KAS** | 1000 | | 220 | | | 185 |
| | | | | zus. | 416 | 171 | 160 | 500 |
| *D. V. 115* Parz. 1 | VI. 1958 | N KAS* | 487 | | 100 | | | 90 |
| | XI. 1958 | PT | 500 | | | 75 | | 225 |
| | VI. **1963** | N KAS** | 1000 | | 220 | | | 185 |
| | | | | zus. | 320 | 75 | | 500 |
| Parz. 3 | VI. 1958 | N Har | 218 | | 100 | | | |
| | XI. 1958 | PT | 500 | | | 75 | | 225 |
| | VI. **1963** | N Har | 400 | | 202 | | | |
| | | | | zus. | 302 | 75 | | 225 |
| *D. V. 122* Parz. 1 | VI. 1958 | N KAS* | 500 | | 102 | | | 92 |
| | XI. 1958 | PT | 600 | | | 90 | | 270 |
| | V. 1959 | N KAS* | 500 | | 102 | | | 92 |
| | VI. **1963** | N KAS** | 500 | | 110 | | | 92 |
| | | | | zus. | 314 | 90 | | 546 |
| Parz. 3 | VI. 1958 | NPK | 800 | | 96 | 96 | 160 | |
| | V. 1959 | NPK | 800 | | 96 | 96 | 160 | |
| | VI. **1963** | N KAS** | 1000 | | 220 | | | 185 |
| | | | | zus. | 412 | 192 | 320 | 185 |

* N KAS = 20,5 %  ** N KAS = 22,0 %

Parzellen. Die 0-Parzellen liegen jeweils in der Mitte. Gedüngt wurden nur die Meßflächen.

Arten und Mengen der verwendeten Düngemittel und die Zeitpunkte der Ausbringung sind aus Tab. 2 ersichtlich.

Leider wurde — mea culpa — der ursprüngliche Plan nicht konsequent durchgeführt. Auf dem erst 1958 angelegten Versuch Nr. 122 und auf D. V. 114/3 wurde anstelle der Kombination Thomasphosphat + Harnstoff, ein chloridfreier NPK-Dünger (12 x 12 x 20) verwendet und durch ein Versehen erhielt D. V. 114 Parz. 1, 1959 nicht N Har, sondern N KAS. Trotzdem ist die Dosierung des vermutlich wirksamsten Nährstoffs N noch einigermaßen einheitlich.

*In der ersten Zuwachsperiode* 1957 (bzw. 1958) bis 1962 wurden auf D. V. 115 je Parzelle 1 x 100 kg N, auf D. V. 114 und 122 je Parzelle 2x 100 kg N gegeben.

*1963* erhielten D. V. 114, 115 und 122 Parz. 3 je Parzelle rd. 200 kg N in *einer* Gabe, D. V. 122 Parz. 1 erhielt nur 110 kg N.

Die von 1957 - 63 zugeführten *Gesamtmengen an N* betrugen auf D. V. 114/1 und 3 sowie 122/3 = je Parzelle rd. 400 kg, auf D. V. 115/1 und 3 sowie auf D. V. 122/1 je Parzelle rd. 300 kg.

### 7.0 Ertragskundliche Ergebnisse

Nach der Anlegung wurden die Versuche in den Jahren 1962, 1966 und 1969 aufgenommen. Die Entwicklung der Bestandesgrundflächen und des Volumenzuwachses ist aus Abb. 1 - 3 sowie aus Tabelle 1 zu entnehmen.

Bei den gedüngten Parzellen differierten die Anfangsgrundflächen und die mittleren Grundflächenhaltungen der Perioden um maximal 6, mit Mittel um 2 % von denen der 0-Parzellen.

#### *7.1 Ergebnisse der 1. Periode 1957 bzw. 1958 - 1962*

In der 1. Periode ergaben sich, abgesehen von Parz. 3 des D. V. 122 keine deutlichen Zuwachssteigerungen. Von den 6 NP- bzw. NPK-Parzellen brachten 3 positive, 3 negative Ausschläge. Der Mittelwert war = o. (s. Abb. 4).

Dieser Mißerfolg ist sehr wahrscheinlich auf *die Buchelmast des Jahres 1960* zurückzuführen. Im Frühjahr 1960 blühten die Bu sehr reichlich. Daher wurden am 30. 8. 1960 in jeder Parzelle des *D. V. 122* in gleichmäßiger Verteilung 10 je 1 qm große, mit Stoff bespannte Rahmen auf 1 m hohen Pflöcken aufgestellt, um die abfallenden Bucheckern aufzufangen und zu prüfen, ob die Düngung sich auf die Fruktifikation auswirkte. Die Bucheckern und das Laub wurden alle 2 Wochen eingesammelt, getrocknet und gewogen. Bis Dezember 1960 waren auf den 10 qm je Parzelle die in nachstehender Tab. 3 verzeichneten Mengen Bucheckern angefallen.

Auch im Lufttrockengewicht der mit aufgefangenen abgefallenen Blätter zeigten sich Unterschiede zwischen den Parzellen in der

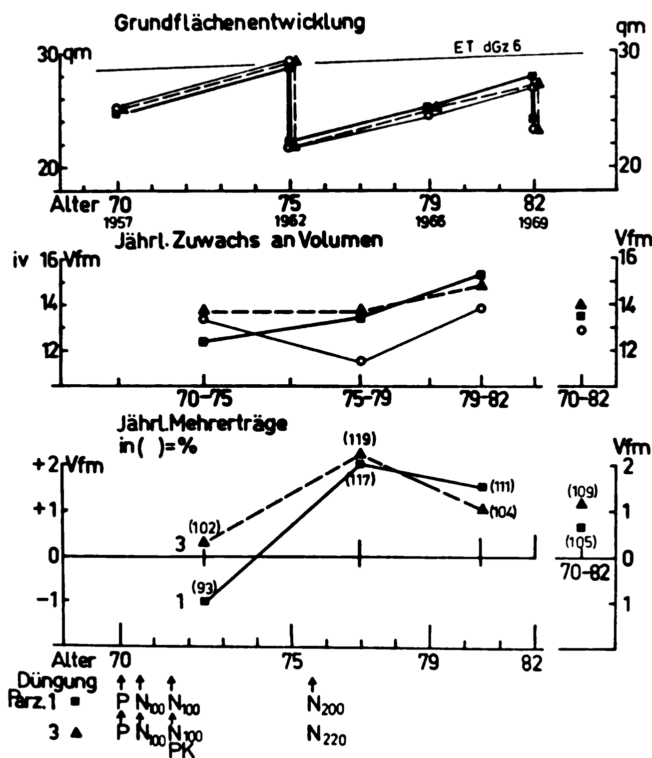



Abbildung 1
Forstbezirk Pfronstetten, Distr. VI, Abt. 6
Düngungs-Versuch Nr. 114

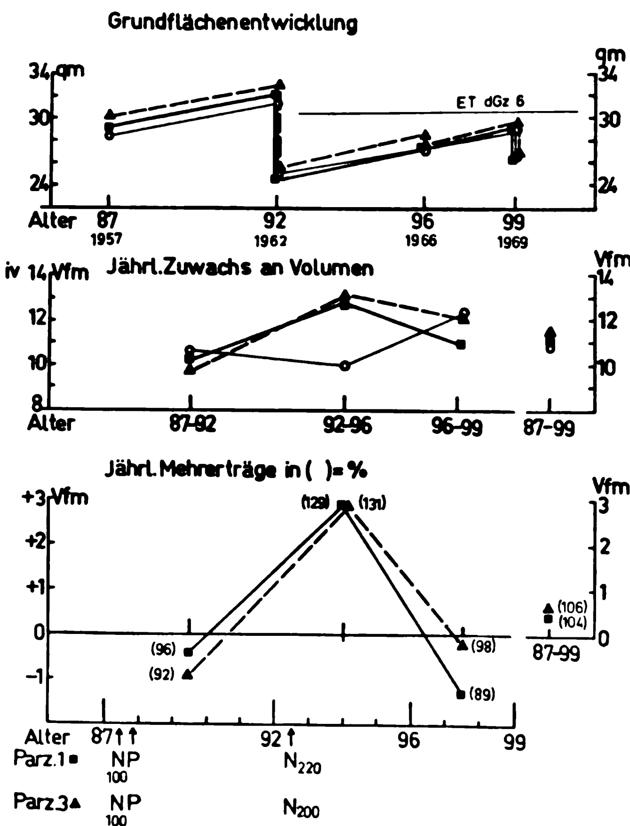



Abbildung 2
Forstbezirk Pfronstetten, Distr. VI, Abt. 5
Düngungsversuch Nr. 115

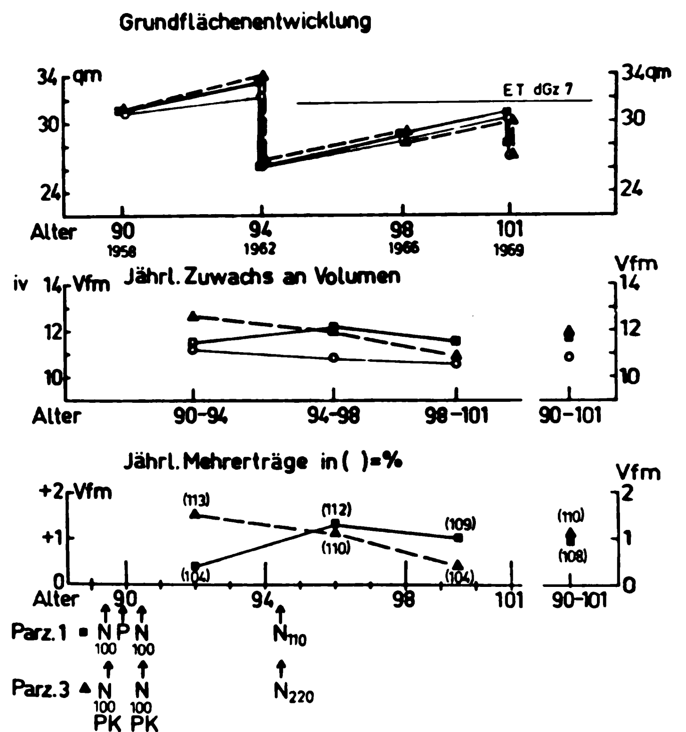



Abbildung 3
Forstbezirk Pfronstetten, Distr. I, Abt. 5
Düngungs-Versuch Nr. 122

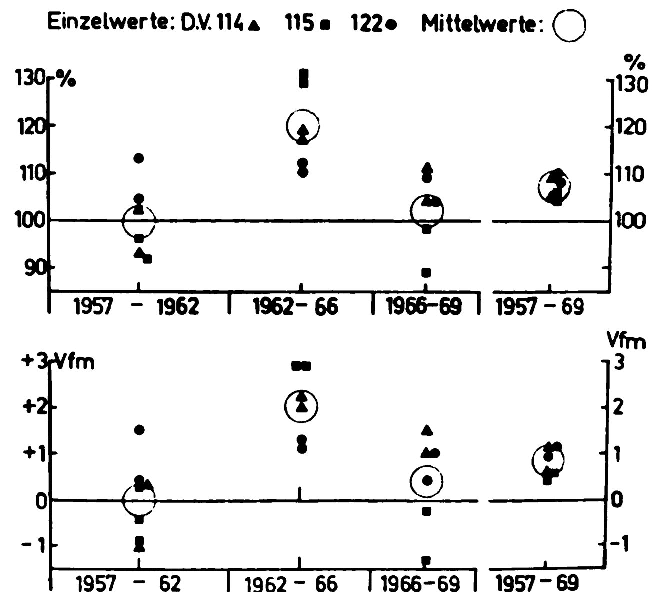



Abbildung 4
Düngungsversuche Nr. 114, 115 und 122
Jährliche Mehrerträge in den Perioden und in der gesamten Beobachtungszeit

gleichen Folge: Parz. 3 = 110%, Parz. 1 = 133% von Parz. 2. Dr. JUNG analysierte Proben der Buchecken und des Laubs mit folgenden Ergebnissen:

Er bemerkte dazu: „Es ist überraschend, daß trotz erheblicher Steigerung des Bucheckenanfalls durch die Stickstoff-Düngung kein Verdünnungseffekt, vielmehr eine gesicherte Steigerung des Stickstoffgehalts festzustellen ist."

1966 wurden von den 3 Versuchen jeweils von der Parzelle Nr. 3 je 3 Stämme entnommen, deren Durchmesser etwa dem dg entsprach. An Stammscheiben aus 1,3 m der Versuche Nr. 115

und 122 zeigte sich eine deutliche Zuwachssteigerung nach der Düngung von 1958, dann ein starker Abfall im Jahr 1960, von dem sich die Stämme erst nach der Düngung von 1962 wieder erholten.

Auch aus der Literatur ist der starke Zuwachsrückgang in und nach Mastjahren bekannt, (ASSMANN 1961, S. 197, MITSCHERLICH und WITTICH 1963, S. 21).

Tabelle 3

| Parz. Nr. | Düngung | Bucheckern gr | 1000 Stck. gr |
|---|---|---|---|
| 2 | —0— | = 155 gr = (100 %) | 182 (100 %) |
| 3 | 1958 u. 59 zus. = 192 kg N 192 kg $P_2O_5$ 320 kg $K_2O$ | = 630 gr = (406 %) | 206 (113 %) |
| 1 | 1958 u. 59 zus. = 204 kg N 90 kg $P_2O_5$ | = 841 gr = (542 %) | 219 (120 %) |

| | | Laub. | | Bucheckern | |
|---|---|---|---|---|---|
| Parz. | Düngung | % TS * | % N in TS | % TS * | % N in TS |
| 2 | —0— | 91,0 | 1,00 | 90,7 | 2,58 |
| 3 | NPK | 92,5 | 1,04 | 90,3 | 2,88 |
| 1 | NKAS.P | 90,2 | 1,12 | 90,9 | 2,88 |

* Trockensubstanz

*7.2 Ergebnisse der 2. Periode 1962 - 66*

Im *Winter 1962/63* wurden alle Versuche stark niederdurchforstet und wieder möglichst gleiche Vorräte auf den Vergleichsparzellen hergestellt (s. Abb. 1 - 3). Die Durchforstung entnahm auf D. V. 114: 22 - 24 %, auf D. V. 115: 17 - 23 % und auf D. V. 122: 22 - 26 % des Derbholzvorrats. Danach betrugen die *Bestockungsgrade* bei D. V. 114: 0,71 - 0,74, bei D. V. 115: 0,81 - 0,83, bei D. V. 122: 0,83 - 0,84.

*Im Juni 1963* wurde mit Stickstoff nachgedüngt und zwar erhielten:

D. V. 114 Parz. 1: 200 kg N in Form von N Har
Parz. 3: 220 kg N in Form von N KAS
D. V. 115 Parz. 1: 220 kg N in Form von N KAS
Parz. 3: 200 kg N in Form von N Har
D. V. 122 Parz. 1: 110 kg N in Form von N KAS
Parz. 3: 220 kg N in Form von N KAS

Danach stieg 1962/66 der Zuwachs der gedüngten Parzellen — mit Ausnahme von D. V. 122 Parz. 3 — deutlich an, während er auf den 0-Parzellen leicht zurückging (s. Abb. 1 - 3). Das abweichende Verhalten der Parz. 3 von D. V. 122 konnte nicht geklärt werden. *Die jährlichen Mehrerträge* der 6 gedüngten Parzellen betrugen zwischen 1,1 und 2,9 Vfm, im Mittel + 2,1 Vfm bzw. 110 - 131 im Mittel 120 % (s. Abb. 4). Unterschiedliche Wirkung von N KAS- und N Har-Düngung war nicht zu erkennen.

Die Mittelwerte der Zuwüchse der gedüngten und nicht gedüngten Parzellen unterscheiden sich signifikant (p = 1 %).

Die 1957 - 59 gegebenen N-Mengen waren vermutlich bis 1962 verbraucht oder ausgewaschen. Eine so plötzliche Nachwirkung der 1958 und 59 nur auf D. V. 114 Parz. 3 und D. V. 122 Parz. 3 zugeführten Mengen von 160 bzw. 320 kg $K_2O$ oder der auf diesen Parzellen um 100 kg größeren $P_2O_5$-Gaben ist nicht wahrscheinlich. Vielmehr dürfte die Zuwachssteigerung der zweiten Periode durch die kräftige N-Zufuhr von 1963 ausgelöst worden sein. Allerdings ist bei D. V. 122 kein Unterschied in der Wirkung von 100 und 220 kg N zu erkennen.

*7.3 Ergebnisse der 3. Periode 1966 - 69 und der gesamten Beobachtungszeit*

1966 wurde außer den obengenannten Probestämmen nichts entnommen. Auch zu Beginn dieser Periode waren die Bestockungsgrade innerhalb der Versuche wenig verschieden. Sie betrugen bei D. V. 114: 0,79 - 0,84, bei D. V. 115: 0,87 - 0,89 und bei D. V. 122: 0,92 - 0,93. Der Zuwachs der 0-Parzellen stieg bei D. V. 114 und 115 wieder an, bei D. V. 122 blieb er gleich. Die Mehrleistungen der gedüngten Parzellen gingen bei D. V. 114 und 122 langsam zurück, bei D. V. 115 waren sie sogar negativ. Im Durchschnitt der 6 Parzellen betrug der Mehrertrag noch + 0,4 Vfm = + 2 %. Dabei muß man berücksichtigen, daß die Zuwachsdifferenzen der nur 3jährigen Periode mit größeren mittleren Fehlern belastet sind. Die Differenz zu 0 ist daher nicht mehr gesichert. Immerhin läßt dieser Zuwachsverlauf darauf schließen, daß die N-Wirkung nach ca. 7 Jahren abgeklungen ist.

*Während der gesamten 12jährigen bzw. bei D. V. 122 11jährigen Beobachtungszeit* betrug auf den 6 gedüngten Parzellen der durchschnittliche jährliche Mehrertrag + 0,78 Vfm bzw. + 7 %. Rechnet man die 1. Periode wegen des Einflusses der Mast nicht mit, so ergeben sich *für die 7jährige Periode 1962 - 69* durchschnittlich jährliche Mehrerträge von + 0,9 bis — 1,8, im Mittel + 1,4 Vfm bzw. + 8 bis 16 %, im Mittel + 12 %.

Das ist im Vergleich zu den bei Fichte auf nachweislich nährstoffarmen Standorten erzielten Mehrerträgen von 3 - 5 Vfm wenig. Berücksichtigt man, daß die Raumdichte des Buchenholzes um 46 % größer ist als diejenige der Fi, so entspricht der Mehrertrag von 1,4 Vfm Bu-Holz einem solchen von 2,0 Vfm Fi-Holz.

*7.4 Sonstige Beobachtungen*

Bei D. V. 122 war am 2. Nov. 1958, also 5 Monate nach der Düngung, und am 12. Nov. 1959, also 3½ Jahre nach der Düngung auf den gedüngten Parzellen das Laub der meisten Bäume noch grün, während es auf den 0-Parzellen und in der nicht gedüngten Umgebung schon gelbbraun verfärbt war. Leider konnten wegen Zeitmangels diese Beobachtungen nicht fortgesetzt und nicht auf die beiden anderen Versuche ausgedehnt werden.

**8.0 Verteilung von Grundfläche und Grundflächenzuwachs auf die Stärkeklassen**

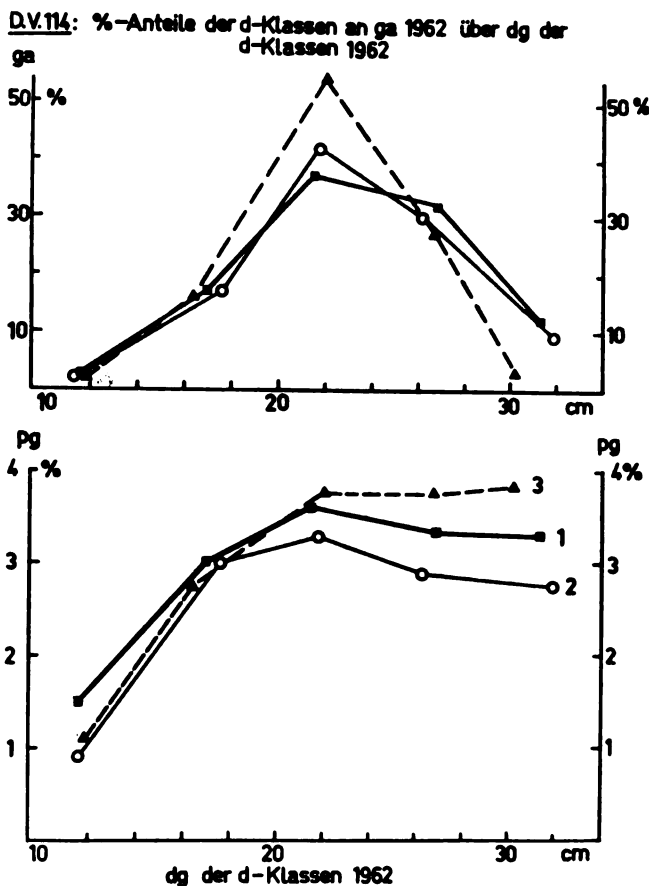
Um zu prüfen, ob evtl. trotz der fast gleichen Grundflächen der Vergleichsparzellen zu Beginn der Perioden (ga) eine unterschiedliche Verteilung der Grundflächen auf die Durchmesserklassen bei den Mehrleistungen der gedüngten Parzellen mitgewirkt haben könnte, wurden die Zuwachsleistungen der Durchmesserklassen bei den 3 Versuchen in folgender Weise verglichen:

Auf Grund der Aufnahmelisten wurden die Stämme des bleibenden Bestands 1962 nach ihren Durchmessern bei Versuchsbeginn 1957 bzw. 1958 in 5 cm — d1,3-Klassen eingeteilt (z. B. 17,6 - 22,5 = 20 cm) und für jede Klasse Durchmesserzuwachs (id). Grundflächenzuwachs (ig), und Grundflächenzuwachsprozent (pg) für die Perioden 1957 - 62 und 1962 - 66 berechnet.

*Abb. 5* zeigt die Ergebnisse von *D. V. 114.*

Über den mittleren Durchmessern der d-Klassen Ende 1962 sind *oben* die prozentualen Anteile der d-Klassen an der Gesamtgrundfläche 1962 n. Df., *unten* die pg-Werte dieser d-Klassen in der Periode 1962/66 aufgetragen. Die Verteilung der Grundflächen ist bei Parz. 1 und 2 sehr ähnlich, während Parz. 3 in den zwei stärksten Klassen benachteiligt ist.

Die pg-Werte werden mit steigendem $d_{1,3}$ größer bis zur d-Klasse 20 cm, (deren dg bis 1962 auf 22 cm angewachsen war) darüber bleiben sie etwa gleich. Innerhalb des Bereichs gleicher pg-Werte wirkt sich eine unterschiedliche Verteilung der Grundflächen auf die d-Klassen nicht auf den Gesamtgrundflächenzuwachs dieses Bereichs aus. Daher ist z. B. bei Parz. 3 die gerin-



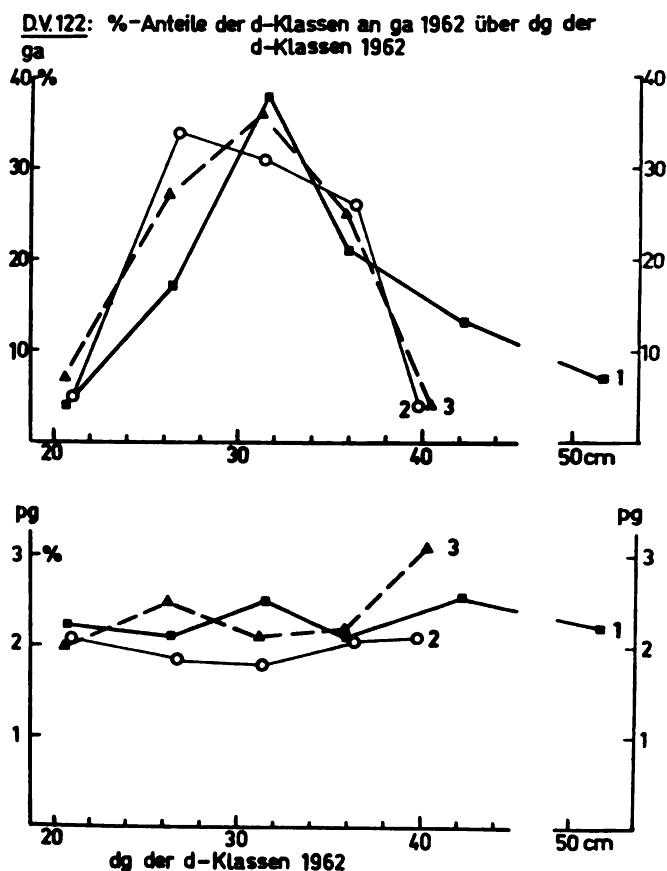




Abbildung 5
DV. 114 Parz. 1 - 3. Prozentuale Verteilung der Grundfläche 1962 n. Df. (ga) auf 5-cm-d-Klassen sowie Grundflächenzuwachsprozente (pg) 1962 - 66 dieser d-Klassen über ihrem dg.

Abbildung 6
DV. 115 Parz 1 - 3. Prozentuale Verteilung der Grundfläche 1962 n. Df. (ga) auf 5-cm-d-Klassen sowie Grundflächenzuwachsprozente (pg) 1962 - 66 dieser d-Klassen über ihrem dg.

gere Ausstattung der zwei stärksten d-Klassen ohne Einfluß auf den Gesamtgrundflächenzuwachs. —

Aus Abb. 5 geht ferner hervor, daß bei den d-Klassen 20 - 30 cm die pg-Werte der gedüngten Parzellen 1 und 3 größer sind als diejenigen der 0-Parzelle 2, die stärkeren d-Klassen haben also besser auf die Düngung reagiert als die schwächeren.

Der *Durchmesserzuwachs* (id) steigt im ganzen d-Bereich bei allen Parzellen von den schwächeren zu den stärkeren Klassen an. Unterhalb von 20 cm sind die Unterschiede zwischen den Parzellen bei id-Werten von jährlich 0,5 - 3,0 mm gering, darüber ist der id der gedüngten Parzellen mit 4,0 - 6,2 mm stets größer als derjenige der 0-Parzellen mit 3,8 - 4,5 mm.

Den extremsten Fall unterschiedlicher Dotierung der Stärkeklassen finden wir bei *D. V. 122* (s. Abb. 6 oben). Bei den Parzellen 2 u. 3 differieren die Verteilungen wenig, dagegen ist Parz. 1 dadurch begünstigt, daß von der ga 1962 20 % auf die d-Klassen 40 - 50 cm entfallen, während die Parzellen 2 und 3 dort jeweils nur mit 4 % ihrer ga vertreten sind. Wie Abb. 6 unten zeigt, liegen die pg-Werte dieses älteren, stammzahlärmeren Versuchs in der Periode 1962 - 66 in dem engen Rahmen von $\frac{1{,}8 - 2{,}5}{2{,}3}$ % ohne erkennbare Beziehung zum Durchmesser (Ausnahme Parz. 3, d-Klasse 40 cm).

Daher differieren hier die Anteile der d-Klassen am Gesamtgrundflächenzuwachs um höchstens 2 % von ihren Anteilen an der Gesamtgrundfläche und wirkt sich bei Parzelle 1 die bessere Ausstattung der d-Klassen 40 - 50 cm mit einem pg von 2,4 % nur wenig auf den Gesamtgrundflächenzuwachs aus. Der Anteil der d-Klassen 40 - 50 cm am ig ist nur um 1 % größer als ihr Anteil an der ga.

Wie bei D. V. 114 übertreffen die pg-Werte der gedüngten Parzellen 1 und 3 in allen d-Klassen diejenigen der 0-Parzelle 2 (Ausnahme d-Klasse 20, Parz. 3).

Der *Durchmesserzuwachs (id)* zeigt ebenfalls bei allen Parzellen eine Zunahme von den schwächeren zu den stärkeren Klassen und die gedüngten Parzellen sind — abgesehen von der schwächsten Klasse — mit id-Werten von 2,7 - 6,2 mm gegenüber der 0-Parzelle (2,5 - 4,2 mm) in allen d-Klassen überlegen.

Auch bei *D. V. 115*, wo die Grundflächen bei den 3 Parzellen fast ideal gleichmäßig auf die d-Klassen verteilt sind, werden die o. g. Feststellungen bestätigt.

Die vorstehenden Untersuchungen haben gezeigt, daß eine unterschiedliche Verteilung der Grundflächen in den stärkeren d-Klassen sich kaum auf den Gesamtgrundflächenzuwachs (ig) auswirkt, weil die pg-Werte dieser Klassen fast gleich sind. Das führt bei der hier angewandten Methode der iv-Berechnung über den ig (s. Abschn. 3,0) dazu, daß durch die verschiedene Verteilung der Grundflächen in den stärkeren d-Klassen auch deren Gesamtzuwachs an *Volumen* (iv) kaum beeinflußt wird. Das entspricht allerdings nicht ganz der Wirklichkeit, weil die Formhöhen mit wachsendem $d_{1,3}$ zunehmen und somit dem gleichen ig in der stärkeren und i. d. R. auch höheren d-Klasse ein größerer iv entspricht als in der schwächeren d-Klasse.

In noch größerem Ausmaß wirken sich unterschiedliche Anteile der d-Klassen auf den Wertzuwachs aus.

In den aus Naturverjüngung hervorgegangenen Bu-Beständen ist es bekanntlich sehr schwierig, eine genügende Anzahl von nach Standort und Bestockung einigermaßen gleichen Parzellen zu finden, die zusätzliche Forderung nach gleicher Verteilung der Stammzahl auf d-Klassen läßt sich daher kaum erfüllen.

Da bei Bu-Beständen Zuwachsunterschiede am sichersten am Grundflächenzuwachs (ig) zu erfassen sind und da, wie oben gezeigt wurde, der ig der Vergleichsparzellen durch ungleiche Dotierung der stärkeren d-Klassen kaum beeinflußt wird, sind die über den ig berechneten iv-Werte (s. Abschnitt 3.0) für den Vergleich der iv-Leistungen und für die Berechnung des Werts des Zuwachses bzw. Mehrzuwachses besonders geeignet.

### 9.0 Betriebswirtschaftliche Ergebnisse

#### *9.1 Wert des durch Düngung erzielten Mehrzuwachses*

Um den Wert des Zuwachses zu bestimmen, wurden die Vorräte zu Anfang und Ende der Beobachtungszeit sowie die Durchforstungsanfälle mittels der von VOGEL 1939 aufgestellten Sortentafel entsprechend den im Forstwirtschaftsjahr 1970 im Forstbezirk Pfronstetten geltenden Bestimmungen sortimentiert unter Annahme einer durchschnittlichen Stammholzlänge von 10 m. Um die Vergleichbarkeit zwischen den Parzellen zu wahren, mußten die wirklichen Schaftformen und Güteklassen außer Betracht bleiben. Die Stammholzanteile und die gewonnenen Durchschnittswerte je Vfm sind daher wahrscheinlich größer als in Wirklichkeit. Das nach Abzug der Stammholzanteile (Kl. 2 und darüber) verbleibende Derbholz wurde zu 90% als „Industrieholz lang" und zu 10% als Schichtholz (= „Industrieholz kurz + Brennholz) bewertet.

Tabelle 4
**Brutto- und Netto-Erlöse je EFm o. R. im Forstwirtschafts-Jahr 1970**

| Sortiment | Meßzahl % | Brutto-Erlöse DM | Ges. Werbungskosten DM | Netto-Erlöse DM |
|---|---|---|---|---|
| Stammholz Kl. 2 | 190 | 57,— | 16,90 | 40,10 |
| 3 | | 76,— | 14,70 | 61,30 |
| 4 | | 95,— | | 80,30 |
| 5 | | 114,— | | 99,30 |
| Industrieholz lang | | 38,— | 18,60 | 19,40 |
| Industrieholz kurz und Brennholz | | 45,80 | 32,20 | 13,60 |

Aus den durchschnittlichen Erlösen und Werbungskosten des Forstamts im Forstwirtschaftsjahr 1970 ergaben sich die in Tab. 4 verzeichneten Brutto- und werbungskostenfreien Werte (= Netto-Werte) für die genannten Sortimente. In den Werbungskosten sind enthalten: 10% Zuschlag für Schwierigkeit, 85% Sozialausgaben, 4,50 Dm je Efm für Rücken und Poltern von Stammholz bzw. 7,50 DM bei Industrieholz lang und 4,00 DM bei Schichtholz.

Aus den Wertdifferenzen der Anfangs- und Endvorräte einschließlich Zwischennutzungen ergaben sich für die Periode 1962-69 je Vfm Zuwachs für die 9 Parzellen der 3 Versuche Durchschnittswerte von 34-36 im Mittel 35,— DM. Von diesem Wertzuwachs entfallen 12-33% auf die Wertsteigerung des Vorrats, der Rest auf den Volumenzuwachs.

#### *9.2 Wert des Mehrertrags und Kosten der Düngung*

Da die erste Periode infolge der Buchelmast keine Mehrerträge brachte, wird der Vergleich zwischen Düngungsaufwand und Wert des Mehrzuwachses für die 7jährige Periode 1962-69 durchgeführt. In dieser Periode betrug der Mehrzuwachs der 6 gedüngten Parzellen im Durchschnitt + 1,4 Vfm. Dieser wurde mit dem obengenannten Durchschnittswert von 35,— DM je Vfm Zuwachs bewertet.

Die Kosten der Düngung vom Juni 1963 bei maschineller Ausbringung nach dem Lohn- und Preisstand des Forstwirtschaftsjahrs 1970 sind aus Tab. 5 ersichtlich. Da die Zuwachssteigerung wohl ausschließlich eine Folge der N-Zufuhr war, werden in der nachstehenden *Erfolgsberechnung* nur die Kosten der NKAS-Düngung berücksichtigt.

| | |
|---|---|
| Durchschn. Wert je 1 Vfm Mehrzuwachs | = 35,— DM |
| Durchschn. Mehrzuwachs in 1 Jahr = 1,4 Vfm | = 49,— DM |
| in 7 Jahren = 9,8 Vfm | = 343,— DM |
| Kosten der N-Düngung im Ganzen | = 341,— DM |
| je 1 Vfm Mehrzuwachs | = 34,80 DM |

Tabelle 5
**Kosten der Düngung je ha (einschl. 11 % MW-Steuer)**

| Düngerarten | Mengen | Ankauf | Transport u. Ausbringen | zusammen | im Ganzen |
|---|---|---|---|---|---|
| | dz | je dz DM | je dz DM | je dz DM | je ha DM |
| Thomasphosphat (PT) (16 % $P_2O_5$) | 5,0 | 9,57 | 5,77 | 15,34 | 76,70 |
| Kalkammonsalpeter (N KAS) (23 % N) | 10,0 | 23,88 | 10,21 | 34,09 | 340,90 |
| | | | | | 417,60 |

Nach 7 Jahren wurden somit die Kosten der Düngung durch den werbungskostenfreien Wert des Mehrzuwachses kompensiert, aber es blieb kein Überschuß. Bei Verzinsung des Düngungsaufwands würde sogar ein Defizit entstehen, weil hier im Gegensatz zu den Fichten auf nährstoffarmen Rohhumusstandorten nicht mit nachhaltiger Zuwachssteigerung infolge der Düngung gerechnet werden kann. Trotzdem ist dieses Ergebnis, gemessen an der Wirtschaftlichkeit anderer Maßnahmen zur Produktionssteigerung, recht günstig.

Wenn man mit der halben N-Menge, also mit 5 dz NKAS/ha den gleichen Mehrzuwachs erzielen könnte, würde ein Überschuß von 163,— DM in 7 Jahren verbleiben.

Bis zur Klärung dieser Frage ergibt sich aus vorstehender Berechnung der Schluß, daß auf den untersuchten Standorten bei dem dzt. Preis- und Lohnstand die Düngung von Bu-Beständen nur

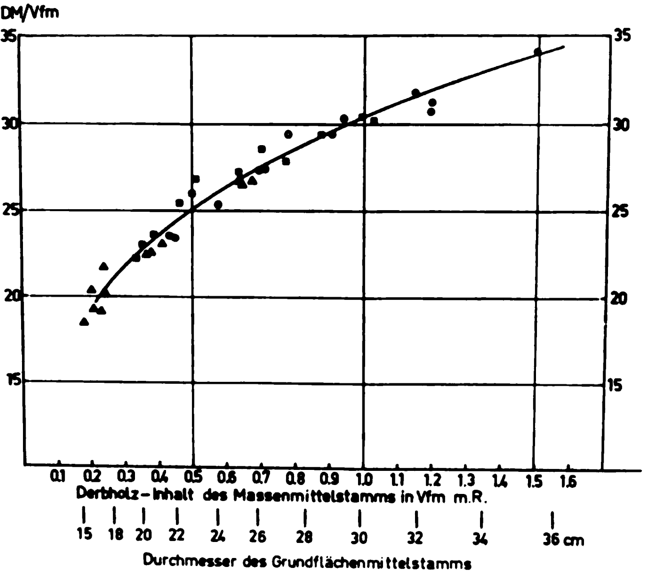



Abbildung 7
Nettowerte je 1 Vfm Derbholz m. R. über vm bzw. über dg auf Grund der Erlöse und Löhne des Forstwirtschaftsjahres 1970.

einen Überschuß bringen kann, wenn der in den vorliegenden Versuchen erzielte Mehrzuwachs (7 Jahre je 1,4 Vfm) je Vfm mindestens 40,— DM wert ist. Bei Berücksichtigung der Wertsteigerung des Vorrats müßte somit der Vfm-Wert des Anfangsvorrats mindestens 33,— DM betragen. Diesen Wert erreichen die untersuchten Bestände bei einem dg von 35 cm bzw. einem Massenmittelstamminhalt (vm) von 1,5 Vfm wie aus Abb. 7 zu entnehmen ist.

In Abb. 7 sind von den untersuchten Beständen für die Vorräte zu Beginn und Ende der Perioden und von den Durchforstungsanfällen 1962 die Netto-Werte je Vfm über den zugehörigen vm- und dg-Werten aufgetragen.

Ähnlich wie bei der Fi (vgl. Hausser 1971) besteht bei der Bu zwischen *Wert je Vfm und Inhalt des Massenmittelstamms* eine enge Korrelation. Die Ausgleichskurve steigt gleichmäßig an, weil dank der günstigen Verwertbarkeit des Nichtstammholzes als Industrieholz und des geringen Brennholzanfalls die Nettoerlösspannen zwischen Nichtstammholz und Stammholz, sowie zwischen den Stammholzklassen wenig differieren (s. Tab. 4).

Mit Hilfe dieser Kurve kann man für gleichwüchsige Bu-Bestände rasch und einfach die Bestandeswerte (Abtriebswerte) bei dem gegebenen Preis- und Lohnstand ermitteln, wobei jedoch je nach Schaftqualität Abzüge zu machen sind.

## 10.0 Zusammenfassung und Schluß

1.) Auf mittelgründigem Kalkverwitterungslehm großflächig vertretener Standortseinheiten der mittleren Alb wurde in 3 Versuchen zu 70- bis 90jährigen Buchen der dGz-Stufen 6 und 7 die Wirkung von NP- und NPK-Düngung auf den Zuwachs erprobt.

2.) Bei gleichen Ausgangsgrundflächen innerhalb der Versuche brachten in der ersten 5jährigen Periode Gaben von 100 und 2 x 100 kg N, 75 - 190 kg $P_2O_5$ und 160 bzw. 320 kg $K_2O$ zwar eine 4 - 5 mal reichere Buchelmast aber keinen gesicherten Mehrzuwachs an Volumen.

3.) Messungen des Durchmesserzuwachses an allerdings wenigen Stammscheiben ließen bei zwei Versuchen deutlich den Zuwachsrückgang in und nach dem Mastjahr erkennen.

4.) Nach einer Niederdurchforstung, die wieder gleiche Ausgangsgrundflächen herstellte, wurden 200 kg N in einer Gabe ausgebracht. Daraufhin stieg in der zweiten 4-jährigen Periode der Zuwachs auf 5 der 6 gedüngten Parzellen deutlich an. Die jährliche Mehrleistung betrug im Mittel aller 6 Parzellen + 2,1 Vfm bzw. + 20 % und unterschied sich signifikant vom Mittel der 0-Parzellen. In den letzten 3 Jahren ging der Mehrertrag auf durchschnittlich + 0,4 Vfm (= + 2,0 %) zurück. Daraus wird auf etwa 7jähriges Anhalten der N-Wirkung bei der Bu geschlossen.

5.) Ein Vergleich der Verteilung von Grundfläche und Grundflächenzuwachs auf 5-cm-Stärkeklassen ergab bei allen 3 Versuchen, daß die stärkeren d-Klassen besser auf die Düngung reagiert haben als die schwächeren, daß aber innerhalb der einzelnen Parzellen die pg-Werte der stärksten d-Klassen wenig differieren. Unterschiede in der Grundflächenverteilung im stärkeren d-Bereich wirken sich daher kaum auf den Gesamtzuwachs an Grundfläche aus.

6.) Der werbungskostenfreie Wert des durch die zweite N-Düngung mit 200 kg N im 6. - 12. Jahr erzielten Mehrzuwachses wurde auf Grund des Preis- und Lohnstands des Forstwirtschaftsjahres 1970 mit den Düngungskosten verglichen. Dabei ergab sich, daß die Kosten der Düngung mit 341 DM nach 7 Jahren durch den Wert des Mehrzuwachses kompensiert wurden, allerdings ohne Verzinsung der Düngungskosten und ohne daß ein Überschuß verblieb.

7.) Aus dem stetigen Ansteigen des Nettowerts je Vfm mit wachsendem dg ist zu ersehen, daß bei dem gen. Preis- und Lohnstand eine Düngung von Bu-Beständen mit einem dg von über 35 cm größere Überschüsse erwarten läßt.

Die mitgeteilten Versuchsergebnisse reichen noch nicht aus, um die Praxis zuverlässig zu beraten. Dazu bedarf es weiterer Versuche auf anderen Standorten. Außerdem sollten aber die vorliegenden Versuche mit ihrer selten einheitlichen Bestockung weitergeführt, d. h. die N-Düngung wiederholt, die Reaktion der Bestände ertragskundlich erfaßt und durch Blatt- und Bodenanalysen ergänzt werden.


### Summary

Title of the paper: *Fertilizing trials in 70/90 yrs Beech in the Suebian Alb.*

1. 3 trials were conducted on medium limestone residual soils in common site types of yield class 6 and 7 $m^3$ with NP and NPK added.

2. 100 kg and 2 x 100 kg N, 75 - 190 kg $P_2O_5$, and 160 and 320 kg $ha^{-1}$ produced within a 5 yrs period 4 to 5 times more mast, but no significant increase in volume increment.

3. Few ring analyses indicated reduced diameter growth during and after mast years.

4. 200 kg N were added after thinning to the original basal area density. Volume increment consequently increased by 2.1 $m^3$ (20 %) significantly. Toward the end of a 5+4 yrs period the rate declined to 0.4 $m^3$ increase, indicating a 7-yrs effectiveness of N-fertilization in beech.

5. The larger diameter classes responded more strongly in all 3 trials, but growth of the largest trees differed hardly between treatments.

6. The stumpage value of the added increment through fertilizing according to (4) balanced costs of 341 Dm $ha^{-1}$ after 7 yrs, disregarding interests, but produced no additional revenue.

7. Trends and response indicate that at 1970 prices and costs fertilizing of beech stands above 35 cm d will produce additional net returns, but the reported results are not yet a suitable basis for advising on standard practices. The trials will be continued with further N-applications.

E. F. B.

### Résumé

Titre de l'article: *Expériences de fertilisation sur des peuplements de hêtres âgés de 70 à 90 ans dans le Jura Souabe.*

1. Les trois expériences ont été installées dans des stations sur sols à argiles de décalcification moyennement profonds qui occupent de grandes surfaces dans le Jura Souabe. Les peuplements de hêtres étaient âgés de 70 à 90 ans et se classaient pour la production totale moyenne aux niveaux 6 et 7; l'objectif était de tester l'influence d'une fertilisation avec NP et NPK sur l'accroissement.

2. Les surfaces terrières étant au départ égales dans les parcelles d'expérience, des apports de 100 ou 2 x 100 kg d'N, de 75 à 190 kg de $P_2O_5$ et de 160 ou 320 kg de $K_2O$, entraînèrent, au cours de la première période de 5 ans, une production de faines 4 à 5 fois plus forte mais aucune augmentation nette de la production en volume.

3. Des mesures d'accroissement en diamètre, faites il est vrai sur un nombre réduit de futs, montrèrent dans deux dispositifs une diminution de cette croissance en diamètre au cours et après l'année de fructification.

4. Après une éclaircie par le bas qui rétablit à nouveau l'égalité des surfaces terrières, on a apporté, en une seule application, 200 kg d'N. Il en résulte un net accroissement de la production

au cours de la deuxième période de 4 ans dans 5 des 6 parcelles fertilisées. Le gain de production annuelle s'établit, sur la moyenne des 6 parcelles, à 2,1 m³ soit 20 % et la différence est significative avec la moyenne des parcelles-témoins. Au cours des trois dernières années le gain de production tombe en moyenne à 0,4 m³, soit 2 %. L'effet d'une fertilisation azotée dure donc, dans le cas du hêtre, pendant 7 ans environ.

5. La comparaison de la répartition des surfaces terrières et des accroissements de surfaces terrières dans des classes de diamètres de 5 cm a montré, dans les trois parcelles d'expérience, que les arbres des classes de diamètres les plus forts avaient mieux réagi à la fertilisation que ceux des classes de faibles diamètres; par contre, à l'intérieur des différentes parcelles, les valeurs des accroissements en surface terrière des classes de diamètres les plus forts varient peu. En conséquence, pour les forts diamètres, les différences de répartition en classes de surface terrière influencent à peine l'accroissement total en surface terrière.

6. La valeur, frais d'exploitation déduits, du surplus de production obtenu avec deux fertilisations azotées appliquées les 6ème et 12ème année à la dose de 200 kg/ha, est comparée au coût de la fertilisation sur la base des prix et salaires valables pour l'année 1970 dans le cadre de l'économie forestière. On a ainsi établi que le coût de la fertilisation, qui se montre à 341 DM, était compensé au bout de 7 ans par la valeur du surplus de production, ceci il est vrai, sans tenir compte des intérêts de la somme engagée et sans qu'il ne reste de bénéfice.

7. La valeur nette du m³ de bois étant d'autant plus élevée que le diamètre à 1,30 m est fort, on peut voir que, dans le contexte prix-salaire, une fertilisation de peuplements de hêtre laisse espérer des bénéfices plus importants si le diamètre à 1,30 m est supérieur à 35 cm.

Les résultats de ces expériences sont encore insuffisants pour pouvoir donner des conseils valables dans le domaine de la pratique forestière. Des expériences sur d'autres stations sont encore nécessaires. En outre, les expériences actuelles portant sur des peuplements remarquablement homogènes doivent être poursuivies en renouvelant les fertilisations azotées; la réaction des peuplements doit être expliquée au plan de la production et ces études complétées enfin par des analyses de sols et de feuilles.

J. M.

### Literatur

Arbeitsgemeinschaft Forstdüngung 1969: Empfehlungen für das Planen, Anlegen, Behandeln und Auswerten forstlicher Düngungsversuche. AFJZ Heft 6. — Assmann, E., (1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft München. — Dieterich, V., (1925): Hilfszahlen zur Bonitierung, Vorrats- und Zuwachsschätzung in reinen Buchenbeständen. Forstl. Wochenschr. Silva Nr. 8, 9. — Dinkelaker, H., (1965): Die Auswirkung unterschiedlicher Grundflächenhaltung auf die Umrechnung von Grundflächenzuwachs in Volumenzuwachs in Fichtenbeständen. AFJZ Heft 11. — Hausser, K., (1971): Düngungsversuche zu 45- bis 90jährigen Fichten-Tannenbeständen auf oberem und mittlerem Buntsandstein des Württembergischen Schwarzwalds. AFJZ Heft 1 u. 3. — Kennel, R., (1967): Ertragskundliche Ergebnisse neuer Düngungsversuche in Kiefern-, Fichten- und Buchenbeständen Bayerns. Forstw. Cbl. Heft 1. — Mayer-Krapoll, H., (1964): Die Düngung im Walde, Auswertung langjähriger Versuche und Erfahrungen. Düsseldorf. Thomasphosphatfabriken GmbH. — Mitscherlich, G., und Wittich, W., (1963): Düngungsversuche in älteren Beständen des Forstamtes Lutter a. B. Mitt. der Niedersächsischen Landesforstverwaltung „Aus dem Walde" Heft 6. — Prodan, M., (1951): Messung der Waldbestände. J. D. Sauerländers Verlag. — Rehfuess, K. E., (1969): Ernährungszustand und Kernfäulebefall älterer Fichtenbestände auf der Schwäbischen Alb. Mitt. des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung Heft 19. — Werner, H., (1958): Erläuterungen zur forstlichen Standortskarte des Forstbezirks Pfronstetten. — Ders., (1962): Untersuchungen über das Wachstum der Hauptholzarten auf den wichtigsten Standortseinheiten der Mittleren Alb. Mitt. des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung Nr. 12. — Wiedemann, E., (1931): Ertragstafel für Buche, mäßige Durchforstung in den Hilfstabellen für die Forsteinrichtung, herausgegeben von der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 1966. — Ders., (1950): Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. J. D. Sauerländers Verlag.

# Ermittlung des Anteils schwerer Stammverkrümmungen durch Kieferntriebwickler in Kiefernbeständen der badischen Rheinebene *)

Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg i. Br.

Von Gerhard Maier

### Résumé

Titre de l'article: *Evaluation de la proportion des graves déformations des fûts dues à la tordeuse des pousses du pin sylvestre dans la plaine du Rhin badoise.*

Pour évaluer les dommages économiques consécutifs aux déformations des fûts dues à la tordeuse des pousses du pin sylvestre (Rhyacionia Sp) on a procédé à de nombreux relevés dans des peuplements de pins sylvestres âgés de 20 à 60 ans de la plaine du Rhin, du Nord au Sud du Pays de Bade.

La proportion des fûts dont les déformations pouvaient être attribuées à ce paraiste a été évaluée, soit par échantillonnage, soit par des inventaires complets dans le cas de peuplements âgés; on a distingué trois degrés suivant l'importance des déformations et tenu compte de leur position sur le tronc en les répartissant en trois niveaux de hauteur.

En moyenne, dans les peuplements étudiés, environ 53 % des fûts étaient atteints par la tordeuse des pousses. Par suite de la mortalité naturelle et des interventions sylvicoles cette proportion diminue quand l'âge augmente; alors qu'elle est de 64 % dans des fourrés âgés de 19 à 22 ans, elle n'est plus que de 54 % dans les perchis âgés de 28 à 40 ans et tombe à 40 % dans des peuplements de la classe d'âge III.

Si l'on considère les peuplements isolément, on constate des différences importantes; les plus attaqués sont les plantations et les fourrés de pins sylvestre dans la haute Vallée du Rhin, dans le Sud du Pays de Bade, où la proportion des fûts déformés monte jusqu'à 97 %.

Un cinquième des fûts parasités présente plus d'une déformation; la proportion des fûts atteints à plusieurs reprises diminue dans les peuplements les plus âgés.

Les pertes sur le plan économique furent estimées suivant deux points de vue:

1. diminution de la croissance en hauteur et pertes de production
2. dépréciation de la valeur du bois et pertes de revenus.

En comparaison du revenu (frais de récolte déduits) de peuplements non atteints, la perte totale peut être estimée à environ 100 DM à l'hectare.

La diminution des dégâts par des interventions chimiques répétées dès le jeune âge, représente une charge financière de 105 à 175 DM à l'hectare. Même sans tenir compte des intérêts la lutte chimique contre la tordeuse des pousses du pin sylvestre apparaît ainsi peu intéressante sur le plan économique et doit être écartée également si on prend en considération les questions d'hygiène.

J. M.

# Buchbesprechungen

**Der Saupark bei Springe.** Geschichte eines hannoverschen Jagdreviers. Von Dr. Ernst Munzel. DRW-Verlags-GmbH., Stuttgart 1971. 147 S., 29 Abb., 5 Jagdpl., 4 Graph., 3 Tab., 2 Ktn. DM 19,80.

Der Saupark bei Springe, ein mit einer Mauer eingefriedeter Wildpark, hat von ähnlichen Einrichtungen, die früher in Deutschland bestanden und zum Teil heute noch unterhalten werden, eine besondere Bedeutung. Trotz seiner verhältnismäßig späten Entstehung, lange nach dem Höhepunkt absolutistischer höfischer Jagdkultur, ist im Saupark bei Springe rund 130 Jahre nach seiner Gründung die ursprüngliche Zweckbestimmung als Stätte repräsentativen Jagens bis auf den heutigen Tag in Form eines Staatsjagdreviers erhalten geblieben. Darüber hinaus hat er entsprechend den Anforderungen der modernen Gesellschaft eine weitere Funktion bekommen, indem der Saupark als Naturschutzgebiet weiten Kreisen der Bevölkerung die seltene Gelegenheit bietet, das Wild in seiner natürlichen Umgebung zu beobachten.

Verfasser gibt in seinem Buch eine Geschichte des Sauparks und der Entwicklung dieses bekannten hannoverschen Jagdreviers. Ausgehend von einem Abriß der niedersächsischen Territorialgeschichte und der Waldbesitzverhältnisse in dem behandelten Gebiet wird eingehend die lange Vorgeschichte des ehemaligen königlich-hannoverschen Hofjagdreviers Saupark, dessen eigene Geschichte erst mit der Fertigstellung der Parkmauer im Jahre 1839 beginnt, behandelt. Kernpunkt dieser historischen Entwicklung und zugleich Ursache für die späte Anlage des Sauparks sieht Verfasser in einer fast 250 Jahre währenden Auseinandersetzung zwischen dem Landesherrn und den Untertanen. In deren Mittelpunkt standen die Regulierung der Wilddichte in den herrschaftlichen Wildbahnen, um die beträchtlichen Wildschäden auf den Feldern zu verringern, Maßnahmen für deren Abstellung, Neufassung des Wildschadensrechts und Verminderung der Kosten für Wildschäden. Als ein nicht minder wichtiger und auch forsthistorisch besonders interessanter Faktor werden dann die auf den für den Saupark vorgesehenen Forsten liegenden erheblichen Weide-, Mast- und Holzberechtigungen der umliegenden Gemeinden sowie deren Ablösung geschildert. Anschließend behandelt Verfasser die Anlage des Sauparks und seine Entwicklung vom Hofjagdrevier zum heutigen Staatsjagdrevier. Anschaulich werden die verschiedenen Jagdarten und Jagdtechniken dargestellt und ein Überblick über die vier Hauptwildarten des Parks — Rotwild, Damwild, Muffelwild, Schwarzwild — gegeben, insbesondere hinsichtlich Herkunft, Entwicklung und Stärke des Bestandes.

Wie jede kulturelle Erscheinung, so läßt sich auch die Jagd nur in Verbindung mit der allgemeinen Entwicklung verstehen. Verfasser ist es gelungen, seine Geschichte des Sauparks bei Springe sowohl in Zusammenhang mit der jagdrechtlichen und jagdtechnischen Entwicklung als auch gesellschaftlichen und politischen Strömungen der damaligen Zeit zu bringen. Die Reihe jagdhistorischer Abhandlungen über bekannte Waldgebiete, wird mit vorliegendem Buch um einen wertvollen Beitrag bereichert.

(Pacher)

**Pollenanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte des Dachsteinmassivs.** Rekonstruktionsversuch der Waldgrenzendynamik. Von F. Kral. Habilitationsschrift. Veröffentlichung des Instituts für Waldbau an der Hochschule für Bodenkultur in Wien. 145 Seiten, 30 graphische Darstellungen, Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag 1971. Kart. S 140,—.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, Grundlagen für die Lösung eines speziellen waldbaulichen Problems, der Hochlagenaufforstung, zu liefern. In den letzten Jahrhunderten wurde die Waldgrenze im Hochgebirge durch den Menschen, insbesondere durch die Almwirtschaft vielfach stark gedrückt, ihre Wiederherstellung ist in zahlreichen Gebirgstälern Voraussetzung für die volle Wirksamkeit der Schutzwälder. Erfolge in der Wiederaufforstung dieser Hochlagen setzen eine genaue Kenntnis der potentiellen Waldgrenze (obere Aufforstungsgrenze) voraus.

Als Untersuchungsgebiet wurde das Plateau und der Nordabfall des Dachsteinmassivs gewählt. Durch kombinierte Auswertung von Oberflächen-, Moor- und Rohhumusprofilen werden zahlreiche Einzelheiten der spät- und nachwärmezeitlichen lokalen Waldgeschichte geklärt. Im Lokalbereich der ausgewählten Profile sinkt die Waldgrenze von rd. 1975 m im Subboreal unter Schwankungen bis auf ihren heutigen, bei 1585 m gelegenen Stand ab. Neben den Klimaschwankungen, die sich durch ein vorübergehendes Sinken bzw. Ansteigen der Waldgrenze deutlich abzeichnen, ist von der Wende des Subboreals zum Subatlantikum an der Einfluß des Menschen für die Waldgrenzendepression von entscheidender Bedeutung. Der Autor unternimmt den Versuch, den klimatischen Anteil der Waldgrenzendepression vom anthropogenen zu trennen und auf diesem Weg die natürliche (potentielle) Waldgrenze zu bestimmen. In der Gegenwart ist ihre Lage bei rd. 1820 m wahrscheinlich; die rd. 400 m Waldgrenzenabsenkung seit dem Subboreal sind damit im Untersuchungsgebiet zu 40% klimatisch und zu 60% anthropogen bedingt.

In einem Höhen-Zeit-Diagramm wird anschließend die Schwerpunktverbreitung der Baumarten, ihre Vergesellschaftung und ihres Mischungsanteiles rekonstruiert. Ausgehend von den Höhenstufen-Pollendiagrammen werden für die einzelnen Arten Isopollenkurven gezeichnet, also Pollenniederschlagskarten entworfen. Zum Schluß wird der Versuch unternommen, die erarbeiteten waldgeschichtlichen Ergebnisse für bestimmte Zeitpunkte der Vergangenheit auch kartographisch darzustellen. In acht Karten rekonstruiert der Verfasser die frühere Bewaldung für die Zeiten um 950, 650 und 100 v. Chr. sowie 350, 1100, 1500, 1770 n. Chr. und vergleicht sie mit dem Wald der Gegenwart.

Mit der Verarbeitung von klimatologischen und glaziologischen Forschungsergebnissen sowie historischen und forstgeschichtlichen Unterlagen vermittelt die Schrift eine Fülle von Informationen. Sie zeigt allgemein die methodischen Wege zur Lösung der hier aufgeworfenen Probleme und liefert für das spezielle Untersuchungsgebiet die Grundlagen für die Aufforstung in den Hochlagen. Die Arbeit ist so nicht nur für den Pollenanalytiker, sondern vor allem auch für den Forstmann von Interesse.

H. Schmidt-Vogt

**Wald.** Eine Bildfolge von Karl Jud. Textauswahl und Einleitung von Hans Walter. Fr./DM 10,80. Aldus Manutius Verlag Zürich/Stuttgart/Wien.

Bildbände über den Wald sind Jung und Alt gleich willkommen. Verbunden mit dem Wort eines Dichters oder Schriftstellers vermögen sie die Vielfalt der Natur im Walde lebendig darzustellen und zu gestalten. Das mit guten Fotos und ausgesuchten Texten wohl ausgestaltete Büchlein „Wald“ wird daher sicher seine Freunde finden.

G. Mitscherlich

**Schutz unseres Lebensraumes.** Referate des ETH-Symposiums in Zürich v. 10.-12. 11. 1970. 542 S., 22 Abb. und 73 graph. Darst. Format 15,5 x 22,5 cm Kunststoffeinband. Suskriptionspreis bis 31. 12. 1971: DM 29,— (später DM 34,—). BLV-Verlagsgesellschaft in München.

In der Zeit vom 10. bis zum 12. November 1970 wurde in der Eidgenössischen Technischen Hochschule von Zürich ein Symposium gehalten, das unter dem Motto: „Schutz unseres Lebensraumes“ stand. Über 50 Forscher aus den verschiedensten Forschungsgebieten setzten sich dabei mit den Problemen der Umweltgefährdung und des Umweltschutzes auseinander.

Neben Vorträgen mehr allgemein bedeutsamer Art wurde eine Reihe von Seminaren abgehalten, und zwar über die Ursachen der Umweltveränderung (technische Entwicklung, Ursachen demographischer und soziologischer Natur, ökonomische und politische, siedlungstechnische, wie auch medizinische Ursachen), über die Auswirkungen der technischen Entwicklung auf die Lebewelt und die Landschaft. (Einfluß auf Wasserhaushalt und Luftverunreinigung, Fragen der Landschaftspflege pp.), über die Auswirkungen der Umweltveränderungen auf unsere Ernährungsgrundlagen (Produktionsfragen von Nahrungsmitteln, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, biologische Schädlingsbekämpfung us. a. m), über Maßnahmen zur Erhaltung gesunder Luft und zur Nutzung und dem Schutz der Gewässer. Die erschreckenden Folgen einer überschäumenden technischen Entwicklung auf unseren Lebensraum kamen dabei ebenso zur Sprache wie Überlegungen, wie diese Folgen zu bestimmen, einzugrenzen und abzumildern sind.

Es ist gut, daß die Vorträge in Buchform erschienen sind und so einem größeren Kreise zugänglich wurden; denn das Buch gehört in die Hand eines jeden, der mit Umweltfragen zu tun hat. Es wird jedem eine Fülle neuer Erkenntnisse und Anregungen geben.

G. Mitscherlich

**Précis de Pédologie** (Grundzüge der Bodenkunde). 3. völlig umgearbeitete Aufl. Von P. Duchaufour unter Mitarbeit von M. Bonneau, F. Jacquin und B. Souchier. Masson et Cie, Paris 1970. VIII + 481 S., 80 Abb., 23 Tafeln (davon 2 farbig), broschiert 80,— f, leinengebunden 90,— f.

Der rasche Fortschritt der bodenkundlichen Forschung und die neue erweiterte Klassifikation der Böden Frankreichs waren Veranlassung für die weitgehende Neubearbeitung dieses bekannten französischen Lehrbuchs für Bodenkunde, das nun — nur fünf Jahre nach der zweiten — bereits in der dritten Auflage vorliegt. Durch die Straffung des Textes gelang der Einbau neuer Erkenntnisse ohne Erweiterung des Gesamtumfanges des Buches. Allerdings wird darauf hingewiesen, daß die Darstellungen der Biochemie des Humus sowie der physikalisch-chemischen Prozesse der Bodenentwicklung relativ kurz gehalten werden konnten, da darüber im selben Verlag ausführlichere Veröffentlichungen, und zwar «Écologie microbienne des sols» von Y. Dommergues und F. Mangenot (1970) und «L'évolution des sols» von P. Duchaufour (1968) vorliegen.

Im ersten Teil des Buches werden die morphologischen, physikalischen, chemischen und biochemischen Eigenschaften des Bodens dargestellt, wobei besonders die Kapitel über Tonminerale, organomineralische Komplexe, Redoxpotential sowie Dynamik des Eisens und des Aluminiums neu gestaltet wurden.

Der zweite, der Bodengenese und -systematik gewidmete Teil, ist ebenfalls weitgehend umgearbeitet worden, was sich besonders auf die Verwitterungs- und Verlagerungsprozesse im Boden sowie auf verschiedene früher weniger beachtete Böden (Ranker, Andosole, bestimmte hydromorphe Böden, Pelosole u. a.) bezieht. Der Vergleich verschiedener Bodentypen wird durch 65 anschauliche neue Profilzeichnungen erleichtert. Auf zwei Tafeln sind außerdem Farbaufnahmen wichtigster Bodentypen wiedergegeben. Lehrreich sind auch zahlreiche schwarzweiße Photos typischer Böden und Bodenlandschaften auf Tafeln.

Der dritte Teil des Buches ist den Fragen der angewandten Bodenkunde gewidmet, wobei für den Forstmann besonders das Kapitel über die Melioration degradierter Waldböden (Aufforstung erodierter Böden, Melioration der Böden mit Rohhumus, Melioration von Pseudogleyen usw.) von Interesse ist. Ferner werden hier auch die Fragen der Boden- und Standortskartierung sowie Prinzipien der Bodenuntersuchungen im Gelände und im Labor erörtert.

In einem Anhang werden schließlich die wichtigsten in Frankreich üblichen Methoden der Bodenuntersuchung im Labor beschrieben. Das Studium dieses Kapitels sowie auch der methodischen Hinweise im ersten Teil des Buches ermöglicht besonders auch dem nicht-französischen Leser ein besseres Verständnis bodenkundlich-ökologischer Angaben im französischen Schrifttum. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß in Frankreich z. B. die pH-Zahl, wenn nichts anderes angegeben ist, den pH-Wert der wässerigen Suspension 1 : 1 bedeutet (im Gegensatz zum deutschen Schrifttum, wo in der Regel darunter das meist um ca. eine ganze pH-Einheit niedrigeres Ergebnis der Bestimmung im n/10-KCl oder / früher / n-KCl 1 : 2,5 gemeint wird!).

Eine reichhaltige Auswahl aus dem französischen und internationalen bodenkundlichen Schrifttum (S. 449 - 468) ermöglicht vertiefendes Studium, ein Register erleichtert die Benutzung des Buches, das in dieser neuen Auflage sicherlich erfolgreich weiteren Generationen französischer Studenten die Grundlagen des bodenkundlichen Wissens vermitteln wird. Auch außerhalb Frankreichs dürfte dieses Standardwerk in keiner bodenkundlichen Bibliothek fehlen. Über den engeren Kreis bodenkundlicher Spezialisten hinaus bietet es aber auch dem ökologisch interessierten Forstmann die Möglichkeit, viele Informationen und Anregungen aus reichen Erfahrungen zu schöpfen, die P. Duchaufour und seine Mitarbeiter bei der jahrelangen Erforschung französischer Waldböden gesammelt haben.

Z. Gračanin

---

## HOCHSCHULNACHRICHTEN

München: Die Staatwirtschaftliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München hat Herrn Oberforstmeister Dr. Reinhard Kennel die venia legendi für das Fachgebiet Forstwissenschaft verliehen.

Göttingen: Vorankündigung für Hochschulwoche. Die Forstliche Hochschulwoche 1971 findet in der Zeit vom 11. bis 14. Oktober in Göttingen statt. 11. 10. 1971, 14.30 Uhr, Eröffnung. 12. und 13. 10. 1971 Vorträge. 14. 10. 1971 Exkursionen.

# Notizen



### Professor Dr. J. Krahl-Urban zum 70jährigen Geburtstag

Am 26. 7. 1971 vollendete Professor Dr. JOACHIM KRAHL-URBAN sein 70. Lebensjahr.

Geboren auf dem väterlichen Gut in Briesnitz, Kr. Frankenstein am Fuße des Eulengebirges in Schlesien genoß er seine Erziehung im preußischen Kadetten-Korps, die er mit der Reifeprüfung abschloß. Die Erziehung im Elternhaus und im Kadetten-Korps haben wesentliche Züge seines Charakters geprägt: Kameradschaftlichkeit, soziales Verständnis, preußische Zuverlässigkeit, Verantwortungsbewußtsein.

Nach der üblichen Ausbildung für den preußischen höheren Dienst, die er mit der sehr seltenen Note „sehr gut" im Staatsexamen in Berlin abschloß, wurde KRAHL-URBAN Assistent an dem Lehrforstamt Freienwalde der Forstlichen Hochschule Eberswalde von 1928 - 1932, das ihm in Nachfolgeschaft von Forstmeister TANGERMANN übertragen wurde. Er verwaltete dies bis 1945. Von 1930 ab erhielt er Lehraufträge an der Forstlichen Hochschule Eberswalde (als forstlicher Mitarbeiter von Amtsgerichtsrat Honorarprofessor GÖRCKE an dem zweibändigen Werk „das Forstzivilrecht im Deutschen Reich", 1930/31).

Die bekannt wertvollen (Trauben-)Eichenbestände des Lehrforstamtes Freienwalde waren Veranlassung für seine besonders intensive und nachhaltige praktische und wissenschaftliche Beschäftigung mit den Eichen. 1939 promovierte er mit einer Arbeit „Untersuchungen über den Jahrringbau der Eichen . . .". 1941 wurde ihm der Lehrstuhl für Waldbau-Technik in Eberswalde übertragen. Sich wiederum praktisch mit der Eiche (hier Stieleiche) zu beschäftigen, bot ihm eine mehrjährige forstliche Abordnung während des Krieges in das damalige Wartheland in Polen.

Nach Kriegsschluß im Herbst 1945 wurde ihm das durch seine Buchen- und Eichenwirtschaft nach MICHAELIS und MAYER-WEGELIN bekannte Lehrforstamt Bramwald der Forstlichen Fakultät Hann. Münden übertragen, das er bis zu seinem Ausscheiden aus dem aktiven Forstdienst (1966) leitete. Aus dieser langjährigen Tätigkeit als Leiter von Lehrforstämtern entstanden eine größere Anzahl von wissenschaftlichen Arbeiten.

Die Verbindung zur Wissenschaft an der Forstlichen Fakultät Göttingen war zunächst durch Lehraufträge, alsdann durch seine Emeritierung (ab 1960) hergestellt.*

Möge dem aufgeschlossenen, lebensnahen Jubilar nicht nur seine Schaffenskraft, sondern auch seine Lebensfreude an der Seite seiner vielseitig interessierten, liebenswerten Gattin, sein Humor und nicht zuletzt sein Charme und sein freundliches offenes Wesen für seine Umwelt noch recht lange erhalten bleiben.

F. K. HARTMANN

* Ein Verzeichnis seiner Schriften, das hier nicht abgedruckt werden kann, steht auf Anforderung zur Verfügung.

### Otto Feucht gestorben

Am 25. Juli starb in Stuttgart Oberforstmeister a. D. Dr. h. c. OTTO FEUCHT, Ehrendoktor der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg, im Alter von 92 Jahren.

OTTO FEUCHT hat der Forstwirtschaft, der Vegetationskunde, dem Naturschutz und der Landschaftspflege in vielen Jahrzehnten wesentliche Impulse gegeben, die heute noch wirksam sind. Von Jugend an gehörte sein Interesse der gesamten Pflanzenwelt. Dies führte später zu einer intensiven Beschäftigung mit der wissenschaftlichen Vegetationskunde, von der aus er eine Brücke zur praktischen Forstwirtschaft schlug. Sein ausgeprägter Sinn für die optische Wirkung von Einzelbäumen oder Baumgruppen ließ ihn um 1910 zu einem Pionier der Pflanzenphotographie im Freiland werden. Als OTTO FEUCHT 1926 vom Schwarzwald-Forstamt Teinach, das er 7 Jahre lang geleitet hatte, zum Forstamt Solitude in Stuttgart wechselte, hatte er sich schon klare Vorstellungen über die Behandlung eines stadtnahen Waldes erarbeitet, die er bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1949 in die Tat umsetzen konnte, Er hat in diesen 23 Jahren sehr viel für die Erhaltung und Pflege des Stuttgarter Waldes getan.

In engem Zusammenhang mit der forstlichen Berufsarbeit und der wissenschaftlichen Tätigkeit stand bei OTTO FEUCHT immer sein Wirken für Naturschutz und Landschaftspflege. Er gehört zu den Begründern des Naturschutzes in Württemberg um die Jahrhundertwende. In Stuttgart war er Mitglied der Naturschutzstelle seit ihrer Gründung und von 1946 - 1952 Kreisbeauftragter für Naturschutz und Landschaftspflege.

Zahlreiche Vorträge, Waldführungen, Bücher und Aufsätze von OTTO FEUCHT haben dazu beigetragen, das Wissen vom Wald und seinen vielfältigen Aufgaben auch über den Kreis der Fachleute hinaus zu mehren. Auf Grund seiner wissenschaftlichen Schriften verlieh ihm die Naturwissenschaftlich-Mathematische Fakultät der Universität Freiburg im Jahre 1949 die Würde eines Ehrendoktors.

H. U. MOOSMAYER

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.



Schutzdauer 7 - 8 Stunden
bonomol
schützt vor Mücken
und Bremsen-
bräunt zugleich!






bonomol
spray
schützt

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG



INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*





142. JAHRGANG 1971 HEFT 10 OKTOBER

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Göttingen

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität
Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 64 24, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M. 54 08 75, Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 9 69 58), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.





**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 10 des 142. Jahrganges sind:**

Forstmeister Dr. Bergel, Niedersächsische Forstl. Versuchsanstalt, 34 Göttingen, Grätzelstr. 2

Prof. Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17

Prof. Dr. G. Speidel, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17



**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, Champenoux - 54 - Einville

**Herausgeber:** Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9, III. **Verlag:** J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — **Anzeigenverwaltung:** Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — **Druck:** Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 25 08. — Printed in Germany.

# Wissenschaft und Fortschritt, aufgezeigt am Beispiel: Wald und Wasser

(Vortrag, gehalten bei der 100-Jahrfeier der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt)

(Mit 15 Abbildungen)

Von Prof. G. MITSCHERLICH, Freiburg/Br.

Neue wissenschaftliche Ergebnisse und Erkenntnisse waren für frühere Generationen gleichbedeutend mit einem echten Fortschritt. Heute haben wir berechtigte Gründe, in unserem Urteil vorsichtiger zu sein. Zwar ist es nicht die neue Erfahrung und das neue Wissen an sich, das Gefahren für unsere Umwelt heraufbeschwört, doch kann die unkontrollierte, technische Ausnutzung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse zu zunehmenden Belastungen unseres Lebens führen. *Als echten Fortschritt dürfen wir daher nur ansehen, was unser Leben wirklich erleichtert und verbessert, ohne daß Nebenwirkungen entstehen, die den Nutzen wieder aufheben.*

Grundsätzlich werden daher verschiedene Vorgänge zu unterscheiden sein, und zwar:

1. Die wissenschaftliche Bearbeitung eines Problems, die uns zu neuem Wissen führt. Dieses neue Wissen kann sehr nützlich, es kann aber auch im Moment noch völlig überflüssig sein.
2. Der zweite Schritt ist der Versuch, das neu erworbene Wissen in den bisherigen Erkenntnisstand einzubeziehen und diesen dadurch zu vertiefen, wobei unter Umständen neue Hypothesen entwickelt werden müssen.
3. Der dritte Schritt besteht darin, aus diesem neuen Verständnis des Problems die praktischen Folgerungen zu ziehen, die zu einer echten Verbesserung unserer Lebensumstände führen.

Als Fortschritt werden wir in vielen Fällen bereits die Einbeziehung der neuen Erkenntnis in unser bisheriges Wissen betrachten können, denn sie führt zu einer richtigeren Beurteilung der Situation und erleichtert damit die Entscheidungen.

Der dritte Schritt, die technische Auswertung neuer Erkenntnisse, ist nur ein Fortschritt, wenn keine das Leben beeinträchtigenden Störungen auf anderen Gebieten damit verbunden sind. Jede technische Anwendung muß daher sehr sorgfältig auf ihre Begleitumstände geprüft werden. Das ist sowohl Aufgabe der Wissenschaft, wie auch Aufgabe der Techniker und Politiker. Mit anderen Worten, es geht uns alle an.

Ich möchte nun versuchen, *das Problem von Wissenschaft und Fortschritt an einem konkreten Beispiel zu entwickeln, das für die Forstwirtschaft unserer Zeit von allgemeinem Interesse ist, an der Frage der Beziehungen zwischen Wald und Wasser.*

Dieses Problem ist außerordentlich vielschichtig. Wir werden daher gut daran tun, es von vornherein auf die quantitativen Beziehungen zwischen Wald und Wasser einzugrenzen, denn hier liegen für die Forstwirtschaft die entscheidenden Fragen. Die Qualität des Wassers ist durch forstliche Maßnahmen nur in geringem Umfang zu beeinflussen. Dabei soll das Problem in seinem natürlichen Ablauf verfolgt werden.

Als erstes ist somit die Frage von Kronendurchlaß, Stammablauf und Interzeptionsverlust zu besprechen.

Ein zweiter Abschnitt wird sich mit dem Eindringen des Wassers in den Boden, seiner Aufnahme durch die Wurzeln und mit der Transpiration beschäftigen müssen.

Schließlich ist das Problem des Abflusses bei verschiedener Bewirtschaftung, d. h. die Wasserbilanz, zu besprechen.

## I.

*Wir beginnen mit dem Kronendurchlaß, Stammablauf und der Interzeption.*

Im allgemeinen nimmt man an, daß die Messung des Niederschlags eine einfache, unkomplizierte Sache sei. Leider ist das nicht der Fall. Denn die Aufstellung der Meßgefäße, ihre Form und Farbe, sowie das Windfeld und seine Störung durch die Umgebung können die Meßergebnisse stark beeinflussen. In welcher Weise man den Niederschlag über den Kronen auffängt, ob Windschutzschilde an den Meßgefäßen anzubringen sind und wie sie aussehen sollen, darüber besteht keine Einigkeit. Kurzum, wir werden uns zunächst mit Näherungswerten des Freilandniederschlags begnügen müssen, denn die verschiedenen Forscher haben recht unterschiedliche Meßanordnungen gewählt.

Jedenfalls stellt der Freilandniederschlag, ob nun im Freiland selbst oder über dem Kronendach aufgefangen, die Ausgangsgröße dar, von der unsere Betrachtung auszugehen hat.

Dieser Niederschlag fällt im Wald auf Blätter, Nadeln, Zweige und Äste und tropft von dort zu Boden. Teilweise fällt er auch durch Kronenlücken zur Erde. Wir nennen diesen Teil des Niederschlags den *Kronendurchlaß*. Zum Teil laufen die Tropfen an schräg aufwärts gerichteten Zweigen und Ästen zum Stamm hin und den Stamm hinunter zu Boden. So entsteht der *Stammablauf*, der besonders an glattrindigen Bäumen, wie Buche, Ahorn und Roteiche, oder bei jungen Stämmchen von Kiefer, Eiche und Douglasie zu beobachten ist. Kronendurchlaß und Stammablauf machen zusammen den *Bestandesniederschlag* aus.

Ein Teil des Niederschlags, der auf die Baumkronen oder die Bodenflora fällt, bleibt jedoch auf den Zweigen und Blättern oder zwischen den Nadeln hängen und verdunstet direkt wieder von dort aus. Diesen Vorgang nennen wir Interzeption und die *verdunstete Niederschlagsmenge den Interzeptionsverlust*. Für die Wasserbilanz handelt es sich dabei nicht um eine völlig nutzlose Verdunstung. Denn durch den Interzeptionsverlust wird die Transpiration von Bäumen und Bodenflora verringert und damit werden entsprechende Bodenwasserreserven eingespart.

Bei genügend langer Meßdauer und einer genügend großen Anzahl von Meßgefäßen kann man nun für jeden Bestand zu *leidlich zuverlässigen Durchschnittszahlen von Kronendurchlaß, Stammablauf und Interzeptionsverlust* kommen.

Mit einer solchen Sammlung von Einzeldaten wird zwar unser Wissen vermehrt, erst ein Vergleich der Meßwerte miteinander und mit anderen Meßergebnissen aber führt zu einer tieferen Einsicht in die Verhältnisse.

Als Beispiel dafür seien in Abbildung 1 die Durchschnittsergebnisse solcher Messungen von zahlreichen Forschern aus Mittel- und Westeuropa, getrennt nach Sommer- (S) und Winterniederschlag (W) gebracht.

Wir sehen, daß Stammablauf plus Kronendurchlaß, also der Bestandesniederschlag bei den Nadelbäumen nur etwa 70 % des Freilandniederschlags ausmacht. Mit 66 % sind die Werte von Douglasie und Fichte besonders gering, mit 73 % sind diejenigen von Kiefer und Lärche etwas besser. D. h. im Durchschnitt beträgt der Interzeptionsverlust bei den Nadelbäumen 30 % des Freilandniederschlags.

Der Bestandesniederschlag der Laubbäume liegt mit durchschnittlich 80 % merklich höher. Bei Rotbuche und Roteiche beträgt er sogar 85 % und 87 %. Das liegt, wie die Abbildung sehr deutlich erkennen läßt, vor allem an ihrem hohen Stammablauf. Bei den Laubbäumen macht also der Interzeptionsverlust im Durchschnitt 20 % des Freilandniederschlags aus, d. h. er ist um 10 % kleiner als bei den meisten Nadelbäumen.

Ein solcher Vergleich von Durchschnittswerten des Bestandesniederschlags stellt bereits eine wichtige Erkenntnis dar. Sie bedarf

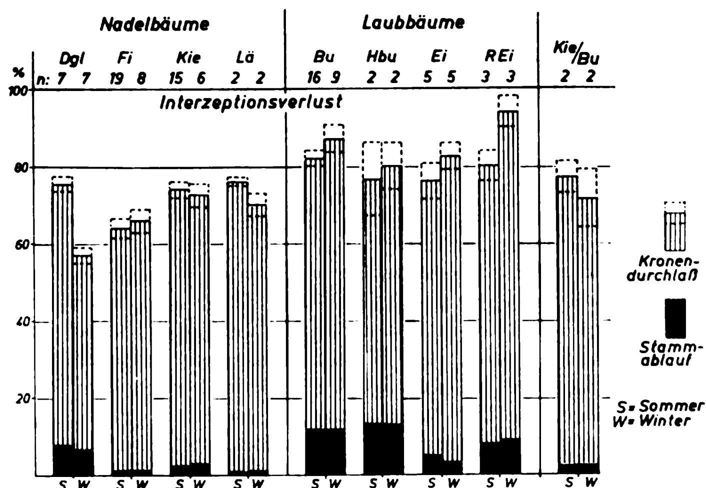



Abb. 1

*Stammablauf, Kronendurchlaß und Interzeptionsverlust verschiedener Baumarten. Mittelwerte aus Forschungsergebnissen in Mittel- und Westeuropa. Nach* MITSCHERLICH, *1971.*

Durch Strichelung ist der mittlere Fehler der Mittelwerte angegeben. n = Zahl der Untersuchungen.

Die Nadelbäume, insbesondere Douglasie und Fichte, haben im Durchschnitt höhere Interzeptionsverluste als die meisten Laubbäume. Von diesen zeichnen sich Buche, Hainbuche und Roteiche durch einen besonders hohen Stammablauf aus.

freilich noch weiterer Ergänzungen. Denn im einzelnen bestehen von diesen Durchschnittswerten eine ganze Reihe wichtiger Abweichungen, die bei einer Übertragung auf die örtlichen Verhältnisse berücksichtigt werden müssen.

Die Untersuchungen ergaben nämlich noch folgende Besonderheiten:

1. Die *Höhe des Bestandesniederschlags* bzw. seines reziproken Werts, des Interzeptionsverlustes, *ist abhängig von der Niederschlagsdichte und der Niederschlagshäufigkeit.*

Bei einem Niederschlag geringerer Ergiebigkeit bleibt der größte Teil in den Kronen hängen und verdunstet wieder von dort aus. Erst bei länger anhaltenden oder heftigeren Regenfällen tropft es stärker durch.

Haben wir es nun mit Gebieten zu tun, in denen Schwachregen überwiegen, wie die meisten in der Ebene, so muß der Interzeptionsverlust größer sein als in Gebieten, wo mehr Starkregen fallen, wie vorwiegend im Gebirge.
mäßigkeit variiert. Als Beispiel zeige ich in Abbildung 2 den Kronendurchlaß in Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe für

2. Durch *Besonderheiten der Baumarten* wird diese Gesetz-
Stiel- und Roteiche und für Fichte und Thuja von OVINGTON aus Kent in Groß-Britannien.

Bei den beiden Eichenarten ist danach der Kronendurchlaß von der Höhe der Einzelniederschläge ziemlich unabhängig. Der Kronendurchlaß nimmt mit zunehmender Niederschlagshöhe nur wenig zu. Das liegt daran, daß auch bei geringeren Niederschlägen die Tropfen über die glatten Blattspreiten leicht zum unteren Blattrand hin ablaufen. Sie sammeln sich dort zu größeren Tropfen an, deren Gewicht bald die Adhäsion an die Blattränder überwindet, so daß die Tropfen abfallen.

Anders bei Fichte und Thuja! Bei ihnen ist der Kronendurchlaß bei Feinregen sehr klein und nimmt mit Ansteigen der Niederschlagshöhe kräftig zu. Bei Niederschlägen von mehr als 15 mm geht er schließlich über den der beiden Eichenarten hinaus. Das liegt daran, daß sich die Feinregentropfen zunächst zwischen den Nadeln und in den Blattachseln ansammeln. Es bedarf größerer Niederschlagsmengen, bis die Tropfen von der Oberseite der Zweige zur Unterseite durchdringen, um sich dort zu größeren Tropfen anzureichern. Sind diese Bahnen aber einmal gut durchfeuchtet, so geht das Durchtropfen zügig voran.

Bei Schwachregen wird der Kronendurchlaß der beiden Eichenarten dem der beiden Nadelbäume alco überlegen sein. Bei einem Überwiegen der Starkregen aber ist es umgekehrt.

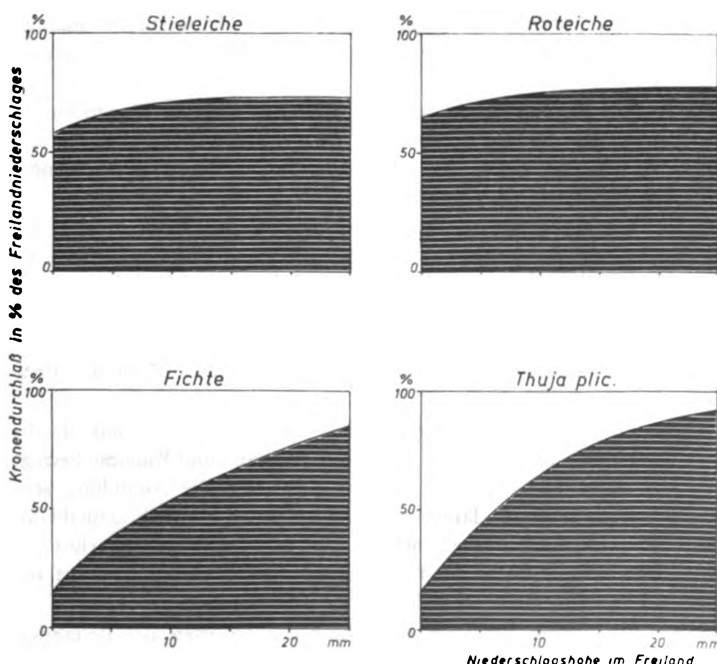



Abb. 2

*Kronendurchlaß bei zunehmender Höhe des Freilandniederschlags. Nach* OVINGTON, *1954.*

Bei den beiden Eichenarten ist der Kronendurchlaß auch bei geringen Freilandniederschlägen hoch. Mit der Zunahme des Freilandniederschlags nimmt der Kronendurchlaß jedoch nur wenig zu. Bei Fichte und Thuja ist der Kronendurchlaß bei geringem Freilandniederschlag niedrig, nimmt mit zunehmender Höhe der Freilandniederschläge jedoch sehr stark zu.

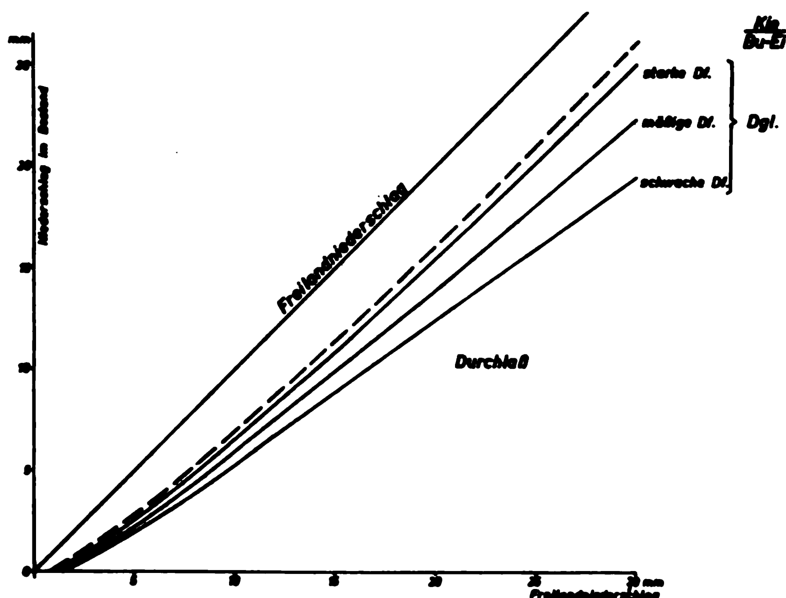



Abb. 3

*Kronendurchlaß in 3 verschieden stark durchforsteten 35jährigen Douglasienbeständen bei Freiburg. Nach* Mitscherlich, *1971.*

Der Kronendurchlaß nimmt mit dem Freilandniederschlag zunächst nur langsam, bei Niederschlägen über 5 mm jedoch stärker zu. Die starke Durchforstung hat einen wesentlichen höheren Kronendurchlaß als die mäßige oder gar die schwache Durchforstung.

Auch hier muß natürlich noch der Stammablauf berücksichtigt werden. Er ist bei der Stieleiche in der Jugend gut. Im Alter aber hat die Stieleiche fast überhaupt keinen Stammablauf. Ihre rauhe Borke saugt das ablaufende Wasser auf. Bei der Roteiche findet man dagegen auch in älteren Beständen reichlichen Stammablauf. Von der Thuja sind Stammablaufmessungen nicht bekannt. Bei der Fichte nimmt der Stammablauf von völlig unbedeutenden Beträgen im Dickungsalter bis auf 2,0 - 2,5 % des Freilandniederschlags in älteren Beständen zu. Er bleibt damit auch dann noch stark hinter demjenigen der Roteiche, bei der er 5 - 7 % ausmacht, zurück.

Diese differenzierten Untersuchungen lassen das Problem des Interzeptionsverlustes in einem ganz neuen Licht erscheinen. Zwar haben die Bäume arttypische Interzeptionsverluste, diese variieren aber mit dem Alter und mit der Niederschlagshöhe in außerordentlich unterschiedlicher Weise. Ein Gesamtdurchschnitt, wie wir ihn in der 2. Abbildung sehen, reicht also zu einer sinnvollen Interpretation der Verhältnisse keineswegs aus.

3. *kommt dazu die Geländeneigung und die Exposition.* Denn am Südhang mit seinem höheren Energieangebot ist die Verdunstung in den Regenpausen und nach dem Aufhören des Niederschlags, also der Interzeptionsverlust, größer als an Nordhängen. In ähnlicher Weise wirkt sich auch die Windexposition aus.

4. ist auch das *Winterklima* für die Interzeptionsverluste von großer Bedeutung, denn in Gebieten mit anhaltendem Winterfrost ist die Verdunstung im Winter sehr gering, da es infolge der Strahlungsreflexion an der Schneedecke an der nötigen Verdunstungsenergie fehlt. In Gebieten mit häufigeren Tauperioden findet dagegen eine erhebliche Interzeptionsverdunstung statt.

5. können diese natürlichen Umstände durch *wirtschaftliche Maßnahmen* modifiziert werden. Dazu wird in Abbildung 3 die Abhängigkeit des Kronendurchlasses von dem Freilandniederschlag für drei *verschieden stark durchforstete Douglasienbestände vom Uhlberg* im Städt. Forstamt Freiburg i. Br. gezeigt (Mitscherlich und Moll, 1970). In dieser Abbildung wurde der Kronendurchlaß über der Höhe des Freilandniederschlags als Abszisse aufgetragen. Die Winkelhalbierende entspricht somit dem Freilandniederschlag. Als Vergleich wurde dazu der Kronendurchlaß eines Kiefernbestandes mit Unter- und Zwischenstand von Eiche und Buche aufgenommen. Er wird durch die oberste, gestrichelte Kurve charakterisiert. Der Mischbestand hat also einen höheren Kronendurchlaß als die drei verschieden durchforsteten Douglasienbestände, bei denen der Einfluß der Durchforstung sehr deutlich hervortritt. Den größten Kronendurchlaß hat, wie wir sehen, die starke Durchforstung mit ihrem Bestockungsgrad von 0,69. Wesentlich geringer ist bereits der Kronendurchlaß bei der mäßigen Durchforstung mit einem Bestockungsgrad von 0,82. Den geringsten Kronendurchlaß hat, wie zu erwarten, der schwach durchforstete Bestand, bei dem nur die Trocknis gehauen wurde, mit seinem Bestockungsgrad von 1,00.

Allerdings wäre es falsch, hier nur den Kronendurchlaß zu berücksichtigen und den Stammablauf außer Betracht zu lassen. Denn die dicht gedrängt stehenden Stämme des schwach durchforsteten Bestandes haben steilere Astansatzwinkel, sie sind

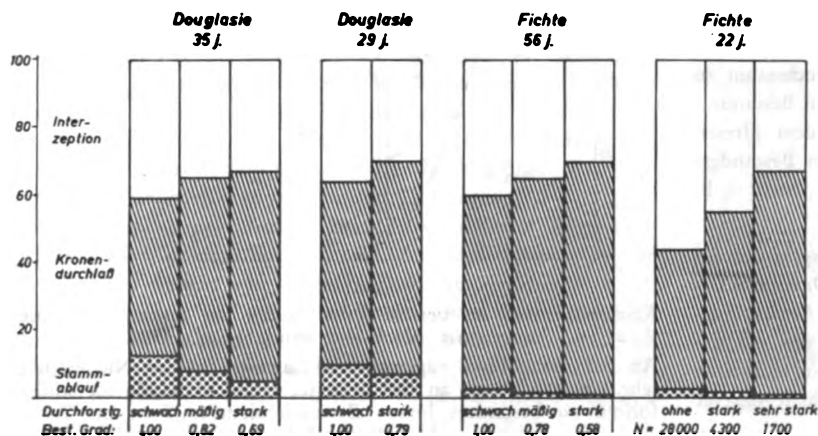



Abb. 4

*Stammablauf, Kronendurchlaß und Interzeptionsverlust in Douglasien- und Fichtenbeständen verschieden starker Durchforstung. Nach* Mitscherlich *u.* Moll, *1970,* Lang, *1970 und* Chroust, *1965.*

Der Stammablauf ist bei schwacher Durchforstung höher als bei starker Durchforstung. Der größere Kronendurchlaß bei der starken Durchforstung wird daher durch den geringen Stammablauf wieder teilweise kompensiert.

Nur bei ganz jungen, überdichten Beständen, wie dem 22j. Fichtenbestand aus der ČSSR, kann durch die Durchforstung eine wesentliche Verbesserung des Bestandesniederschlags im Rahmen bei uns üblicher Durchforstungsstärken erreicht werden.

schwächer, haben daher noch in größerer Zahl ihre glatte Spiegelrinde behalten und daher einen höheren Stammablauf. Das ist gut aus Abbildung 4 zu erkennen, in der der Stammablauf, der Kronendurchlaß und der Interzeptionsverlust für je zwei Douglasien- und zwei Fichtenbestände mit verschieden starker Durchforstung dargestellt wurden. Bei den Douglasienbeständen handelt es sich um Bestände auf dem Uhlberg im Städt. Forstamt Freiburg/Br. Bei dem ersten Fichtenvergleich handelt es sich um eine Versuchsfläche im Gemeindewald Bräunlingen, Forstamt Donaueschingen, die von LANG (1970) untersucht wurde. Der 22jährige Durchforstungsversuch in Fichte stammt aus dem Adlergebirge in der ČSSR. Er wurde von CHROUST (1965) angelegt.

Bei all diesen Versuchen ist der Stammablauf bei der schwachen Durchforstung höher als bei der mäßigen und dort wieder größer als bei der starken. Umgekehrt ist der Kronendurchlaß, wie besprochen, bei der starken Durchforstung größer als bei der schwachen.

Diese Gegenläufigkeit führt zu einer gewissen Kompensation. Der Mehrgewinn an Bestandesniederschlag ist bei starker Durchforstung daher geringer, als man gemeinhin annimmt. Er macht gegenüber der schwachen Durchforstung bei den beiden Douglasienbeständen und dem älteren Fichtenbestand aus Bräunlingen nur 6 - 10 % aus. Wenn man bedenkt, daß eine Durchforstung, bei der nur das Dürrholz entfernt wird, in der Praxis nicht geübt wird, daß man vielmehr in der Regel mäßig durchforsten dürfte, verringert sich der Mehrgewinn an Bestandesniederschlag durch Übergang zu einer starken Durchforstung auf etwa 5 %, das ist nicht gerade ein sehr beträchtliches Ausmaß.

Eine Sonderstellung nimmt nach unserer Abbildung der Fichtenjungbestand aus der ČSSR (ganz rechts) ein. Es handelt sich um eine sehr dichte Verjüngung, die mit 12 Jahren 28 000 Stämmchen hatte. Damals wurden in dieser Verjüngung 3 Flächen angelegt. Davon blieb eine undurchforstet, in der zweiten wurde die Stammzahl auf 4 300 Bäume, in der dritten sogar auf 1 700 Bäume verringert. Nach 10 Jahren war der Unterschied im Bestandesniederschlag noch sehr groß. Der unbehandelte, jetzt 22jährige Bestand, hatte einen Kronendurchlaß von 38 % des Freilandniederschlags. Bei der starken Durchforstung betrug er 54 % und bei der sehr starken immerhin 66 %. Der Interzeptionsverlust lag also bei dem unbehandelten Bestand mit 61 %, d. h fast $^2/_3$ des Freilandniederschlags, ungewöhnlich hoch. Er wurde durch die sehr starke Durchforstung aber auf das übliche Durchschnittsmaß von 33 % vermindert. Das deutet darauf hin, daß gerade in Jungbeständen durch weite Verbände und frühzeitige, sehr scharfe Eingriffe gewisse Möglichkeiten der Erhöhung des Bestandesniederschlags gegeben sind. Es wäre nützlich, diese Frage eingehender zu prüfen, wobei natürlich auch die Interzeption durch die Bodenflora berücksichtigt werden müßte.

Zu bedenken ist jedoch dabei, daß sich das Kronendach nach jeder Durchforstung in einiger Zeit wieder schließt. Es liegt ja im Sinne der Durchforstung, den besser veranlagten Bäumen durch Aushieb der minderwertigen einen besseren Wuchsraum zu verschaffen. Damit geht natürlich auch der Gewinn an Bestandesniederschlag immer wieder zurück. So nahm bei dem älteren Douglasienbestand vom Uhlberg der Mehrgewinn an Bestandesniederschlag durch die starke Durchforstung in drei Jahren z. B. von 16 % auf 9 % des Freilandniederschlags ab.

Fassen wir alle diese Erfahrungen zusammen, *so ergibt sich ein sehr viel differenzierteres Bild, als es sich aus den Durchschnittszahlen unserer zweiten Abbildung darbot. Erst bei Berücksichtigung aller dieser aufgeführten Umstände erhalten wir ein der Wirklichkeit nahe kommendes Bild der Interzeptionsverhältnisse.* Erst dann werden wir mit Recht von einem Fortschritt unserer Erkenntnisse sprechen können.

## II.

Wir wenden uns nun der *Versickerung des Wassers im Boden und seinem Verbrauch durch die Bäume* zu.

Hat der Bestandesniederschlag die Kronen, die Bodenflora und die Bodendecke passiert, sickert er in den meisten Fällen in den Boden ein. Ein Oberflächenabfluß ist in unseren Gebieten selten. Er tritt nur ab und an auf, vor allem wenn der Boden zur Zeit der Schneeschmelze noch gefroren ist. Außerdem kommen Oberflächenabflüsse gelegentlich nach heftigen Niederschlägen bei Kahllagen, d. h. nach Streunutzung, auf Schleifwegen usw. oder auf stark ausgetrockneten, verhagerten Waldböden vor. Im allgemeinen ist der Waldboden dagegen sehr locker und nimmt das Niederschlagswasser willig auf. Auch zunächst oberflächlich abfließendes Wasser kommt bei den vielen Ästen, Steinen und Wurzeln in der Nadelstreu und der Moos- und Grasschicht schon bald zur Versickerung. Erosionsschäden treten daher bei der Erhaltung des Waldes nicht auf, was besonders in gebirgigen Gegenden von entscheidender Bedeutung für die Landeskultur ist. Denn Erosion bedeutet ja nicht nur einen Bodenabtrag und damit den Verlust der Bodenfruchtbarkeit im Entstehungsgebiet, sondern auch eine Überschotterung von Talauen, eine Auffüllung von Staubecken und Hochwasserschäden aller Art in den tiefer liegenden Gebieten.

Eine rasche Versickerung hat indessen nicht notwendig zur Folge, daß die Wasserverteilung im Waldboden gleichmäßig ist. Nur in Jungbeständen mit sehr vielen Individuen verteilt sich der Niederschlag so gleichmäßig wie in einem Roggenfeld oder auf einer Wiese. *Je älter die Bestände sind, um so mehr findet eine Konzentration des Wassers an bestimmten Orten statt.* Bei den meisten Nadelbäumen sind das die luvseitigen Kronenränder. In Abbildung 5 wird dafür als Beispiel das Ergebnis von Niederschlagsmessungen von KITTREDGE et al. (1941) in einem Bestand von Pinus canariensis in Berkeley, Californien, gezeigt. Man sieht, daß der Niederschlag am luvseitigen Kronenrand zum Teil bis über den Freilandniederschlag ansteigt. Vor allem sind es größere Niederschläge über 2,8 mm, bei denen dieses Phänomen zu beobachten ist, während bei Feinregen die Traufwirkung geringer ist. In Stammnähe sinkt der Durchlaß dann aber beträchtlich ab.

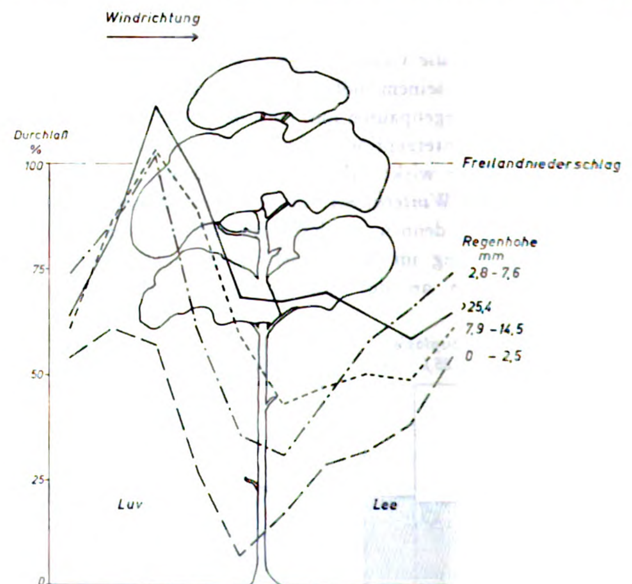



Abb. 5

*Kronendurchlaß an verschiedenen Seiten der Krone von Pinus canariensis. Nach* KITTREDGE *et al., 1941.*

An der dem Wind zugewandten Luvseite ist der Niederschlag sehr viel größer als an der Leeseite. Hohe Freilandniederschläge führen zu besonders hohen Bestandesniederschlägen im Traufbereich der Luvseite.

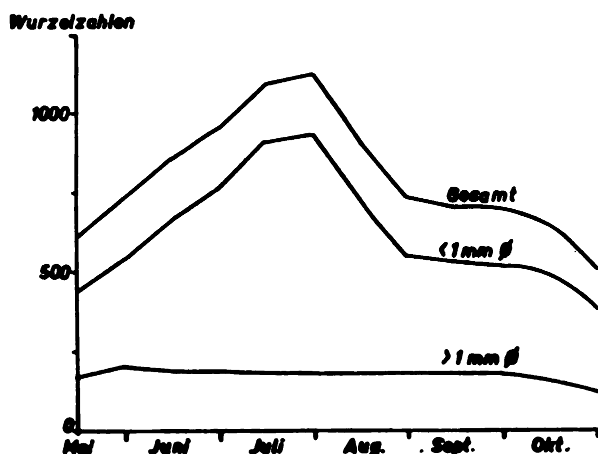



Abb. 6

*Veränderung der Zahlen von Grob- (über 1 mm ∅) und Feinwurzeln (unter 1 mm ∅) in finnischen Kiefernbeständen. Nach* KALELA, *1957.*

Während die Zahl der Grobwurzeln ziemlich unverändert bleibt, nimmt die Zahl der Feinwurzeln vom Frühjahr bis Ende August, Anfang September auf das Doppelte zu, um dann gegen den Herbst hin wieder abzunehmen.

Bei Starkregen fällt er auf etwa 65 %, bei Feinregen bis auf 8 % des Freilandniederschlags ab. Nach dem leeseitigen Kronenrand hin nimmt er wieder zu.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch KERN bei Untersuchungen des Niederschlags im Kronenbereich alter Tannen und Fichten im Forstamt Todtmoos.

Im Gegensatz dazu finden wir bei sehr vielen glattrindigen Laubbäumen infolge des Stammablaufs eine starke Konzentration des Wassers unmittelbar in der Nähe des Stammes. Das trifft für die Buche ebenso wie für Hainbuche, Ahorn, Kirsche und ähnliche Baumarten zu. Die an einem Schaft bei stärkeren Regenfällen ablaufenden Wassermengen sind oft beträchtlich. In einem 120jährigen Buchenbestand im Solling wurden bei einem einzigen Starkregen bis zu 150 l gemessen. Unsere eigenen Messungen in einem 40jährigen Buchenbestand ergaben an einer 30 cm starken Buche bei 35 mm Freilandniederschlag einen Stammablauf von 50 l. Das heißt, daß in einem 25 cm breiten Ring um den Stamm (weiter verteilt sich der Stammablauf nach allen Erfahrungen nicht) die Regenhöhe fast 700 mm betrug, während sie 1 m davon entfernt nur etwa 25 mm ausmachte. Es ist einleuchtend, daß so konzentriert zu Boden gleitender Niederschlag rascher in größere Tiefen vordringen kann als der gleichmäßig verteilte Niederschlag in einer Buchen- oder Fichtendickung.

Leider fehlt es noch an ausreichenden Untersuchungen, wie in solchen Fällen die Versickerung im Boden vor sich geht. Nach Untersuchungen von VALEK (1962) aus Böhmen ist jedoch anzunehmen, daß das Wasser entlang der Wurzeln rasch in die Tiefe geleitet wird. Es ist nicht ausgeschlossen, daß es durch diese Vertikaldränage relativ rasch durch den Wurzelhorizont hindurchsickert. Die Wurzeln solcher alter Bäume hätten dann sehr viel weniger Gelegenheit das Wasser für ihre eigene Verdunstung auszunutzen. Die Abflußspenden wären damit größer als in jüngeren, stammreicheren Beständen und Dickungen.

Die Saugspannung, durch die das Sickerwasser im Boden zurückgehalten wird, ist nach der Bodenart, dem Humusgehalt und der Struktur des Bodens sehr unterschiedlich. Am günstigsten ist die Wasserversorgung in gut gekrümelten, humosen, anlehmigen Böden, die in der Regel einen hohen Anteil an kapillarem Haftwasser besitzen, das von den Baumwurzeln besonders gut auszunutzen ist. Allerdings ist die seitliche Wasserverschiebung auch in solchen Böden gering. Die Wurzeln wachsen meistens schneller, als das Wasser im Boden seitlich vordringt. Die Wurzeln sind es also, die im Boden dem Wasser nachwachsen und es aufsuchen.

Der Wasserverbrauch eines Bestandes hängt daher mit der *Durchwurzelung* des Bodens zusammen. Sie ist bekanntlich in nährstoffreichen Böden sehr viel spärlicher als in nährstoffarmen, da es bei geringem Nährstoffangebot einer größeren Aufnahmefläche bedarf, um den Bedarf der Bäume zu decken. Dabei bleibt die Durchwurzelungsintensität im Laufe einer Vegetationsperiode nicht gleich. Wie Untersuchungen von KALELA (1957) an finnischen Kiefernbeständen zeigen (Abbildung 6), nimmt die Zahl der Feinwurzeln unter 1 mm Durchmesser vielmehr vom Frühjahr zum Sommer bis auf das Doppelte zu. In den frühherbstlichen Trockenperioden ist die Durchwurzelung der Waldböden also besonders intensiv. Später geht die Zahl der Wurzeln wieder zurück.

Daneben ist es natürlich sehr wichtig, welche Bodenschichten durchwurzelt werden, ob es nur der lockere, gutdurchlüftete Oberboden ist oder ob die Wurzeln auch in die meist stärker verdichteten, tieferen Bodenhorizonte vorstoßen.

So gibt es offenbar manche Böden, in denen z. B. die Fichte nur die obersten Bodenschichten durchwurzelt, während die Buche auch in tiefere Schichten vorstößt. Der Wurzelraum der Buche ist in solchen Fällen oft doppelt so groß wie der der Fichte. Ihr steht damit etwa doppelt so viel Wasser zur Transpiration zur Verfügung.

Die *Transpiration* ist nun ein physikalisch-physiologischer Vorgang. Damit soll ausgedrückt werden, daß die Transpiration zunächst von den Umweltverhältnissen, von Strahlung, Wärme, Luftbewegung und dem Feuchtigkeitsgradienten zwischen blattnaher und blattferner Luft gesteuert wird. Bei voller Turgeszenz der Blätter sind es nur diese Umstände, die die Wasserabgabe der Blätter tagsüber begrenzen. Erst wenn die Wasserversorgung der Blätter als Folge unzureichenden Nachschubs aus dem Boden oder nicht ausreichender Transportkapazität des Transpirationsstroms gehemmt wird, tritt mit einem Erschlaffen der Schließzellen eine Stomataverengung bzw. ein Stomataschluß und damit eine physiologische Hemmung der Transpiration ein. Beide Baumarten, Fichte und Buche, können das von ihren Wurzeln erschlossene Wasserreservoir etwa in gleichem Ausmaß ausnutzen. Das heißt, daß bei der doppelten Tiefe des durchwurzelten Bodenraumes die Buche auch die doppelte Wassermenge verdunsten wird wie die Fichte.

Eine Reihe von Untersuchungen bestätigt diese Annahme.

So fand STAHL (1933), wie sich aus Abbildung 7 erkennen läßt, im Durchschnitt eines Jahres in Buntsandsteinböden des Reinhardwaldes in den obersten 10 cm unter Buchenbeständen nur 87 %, in 20 - 30 cm Tiefe sogar nur 83 % der Bodenfeuchtigkeit wie unter Fichtenbeständen.

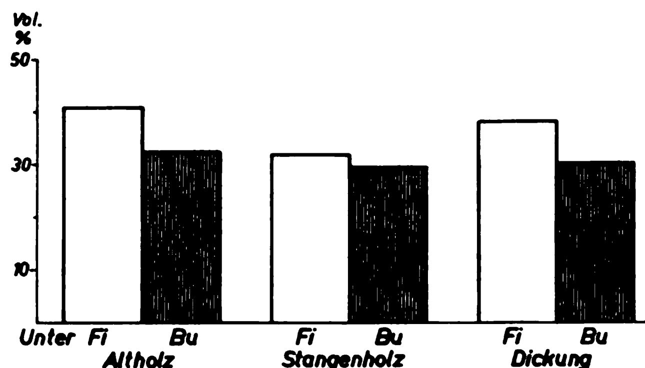



Abb. 7

*Bodenwassergehalt in 20 - 30 cm Tiefe unter Fichten- und Buchenbeständen des Reinhardswaldes im Jahresdurchschnitt. Nach* STAHL, *1933.*

Im Durchschnitt war der Bodenwassergehalt unter Fichte größer als unter Buche.

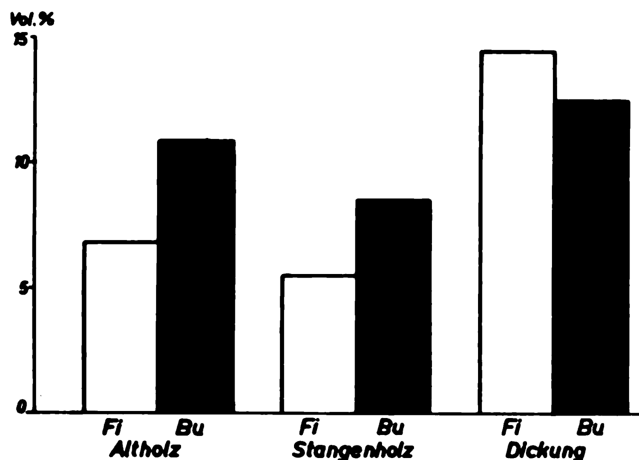



Abb. 8

*Abnahme der Bodenfeuchtigkeit vom Frühling bis zum August-September unter Fichten- und Buchenbeständen des Hunsrück. Nach* HOFFMANN, *unveröffentlicht.*

Bis auf die Dickung nimmt im Laufe der Vegetationsperiode die Bodenfeuchtigkeit unter Fichte stärker ab als unter Buche. Die Bewurzelung der Fichte ist flacher als die der Buche.

HOFFMANN*) traf, wie Abbildung 8 darlegt, eine stärkere Abnahme der Bodenfeuchtigkeit unter Fichte als unter Buche in den Grauwacken- und Tonschiefer-Verwitterungsböden des Hunsrück an. Die Bodenfeuchtigkeit hatte hier in einer 70 cm tiefen Schicht vom Frühjahr bis zum Sommer unter Fichtenalthölzern nur 7 Vol. %, unter Buchenalthölzern aber um 11 Vol. % abgenommen. Bei Stangenhölzern betrug die Abnahme bei der Fichte 6 Vol. %, bei der Buche aber 9 Vol. %. Nur in der Dickung war die Abnahme der Bodenfeuchtigkeit im Ablauf der Vegetationsperiode unter Buche geringer als unter Fichte.

Um die Frage noch besser zu klären, wurden von HOFFMANN außerdem unter einzelnen Altbuchen und Altfichten von der Luv- und Leeseite hin Profile der Bodenfeuchtigkeit untersucht. Wie Abbildung 9 zeigt, war die Abnahme der Bodenfeuchtigkeit vom Frühjahr zum Hochsommer hin außerhalb des Kronenbereichs nicht sehr unterschiedlich. Im Kronenbereich aber betrug sie im Durchschnitt unter Buche 11,2 %, unter Fichte aber nur 5,8 % mit deutlicher Bevorzugung der stammnahen Bodenräume.

Auch SCHLENKER und Mitarbeiter (1969) fanden in Pseudogleyböden mit verdichtetem Untergrund im Neckarland unter den tiefer wurzelnden Buchen eine stärkere Austrocknung als unter flachwurzelnden Fichten.

Es wäre jedoch *ganz falsch, diese Erfahrungen verallgemeinern zu wollen, denn es gibt zahlreiche Böden, in denen die Fichte ebenso tief wurzelt wie die Buche und wo die höhere Interzeption der Fichtenkronen und ihre Winterverdunstung dann den Ausschlag gibt.* So fanden SCHLENKER und Mitarbeiter auf tiefgründigen Parabraunerden des Neckarlandes unter beiden Baumarten etwa den gleichen Wasserentzug. Bei langfristigen Untersuchungen im Solling wurde von BENECKE unter Fichte durchgehend eine geringere Bodenfeuchtigkeit und eine geringere Sickerwasserspende ermittelt.

Je nach den Umständen ist also bald die eine, bald die andere Baumart wasserwirtschaftlich von größerem Vorteil. Das wird sehr eindringlich auch durch dänische Untersuchungen belegt. So prüfte HOLSTENER-JØRGENSEN (1961) den Wasserverbrauch verschiedener Baumarten auf schweren diluvialen Lehmböden Dänemarks. Diese Böden haben ein so geringes Porenvolumen, daß seitliche Wasserverschiebungen praktisch ausgeschlossen sind. Der



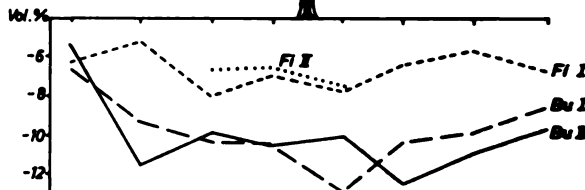



Abb. 9

*Abnahme der Bodenfeuchtigkeit unter einzelnen alten Fichten und Buchen vom Frühjahr bis zum Spätsommer. Nach* HOFFMANN, *unveröffentlicht.*

In der Traufzone der Luvseite (links) sind die Unterschiede in der Abnahme der Bodenfeuchtigkeit unbedeutend. Unter den Bäumen — bei der Buche vor allem im Stammbereich — und am leeseitigen Trauf ist die Austrocknung des Bodens unter Buche jedoch wesentlich stärker als unter Fichte. Die Bewurzelung der Fichte ist sehr viel flacher als die der Buche.

Wasserverbrauch konnte daher an dem Absinken des Grundwasserstandes im Laufe der Vegetationsperiode getestet werden. Dabei zeigte sich, daß bei flachem Frühjahrsgrundwasserstand, also bei einer starken Beeinträchtigung der Wurzelentwicklung der Buche, die Fichte mehr Wasser verdunstete als die Buche. Bei Frühjahrsgrundwasserständen unter 50 cm Tiefe, bei denen sich auch die Buchenwurzeln gut entwickeln konnten, hatte dagegen die Buche den größeren Wasserverbrauch. Gegenüber der Eiche erwies sich die Fichte in fast allen Fällen als sparsamere Wasserkonsumentin.

Nach Transpirationsuntersuchungen von LADEFOGED (1963) (Abbildung 10) an ganzen Bäumen von 11 - 12 m Höhe auf Jütland hatten Eiche und Buche in der Vegetationszeit einen etwas

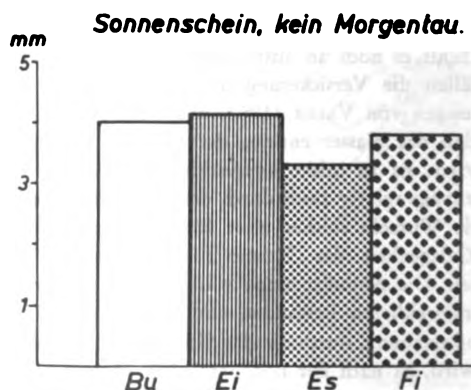



Abb. 10

*Tägliche Transpiration je ha von Stangenhölzern von Buche, Eiche, Esche und Fichte in der Vegetationszeit an sonnigen Tagen ohne Morgentau. Nach* LADEFOGED, *1963.*

Buche und Eiche haben die größte, die Fichte eine etwas geringere Transpiration. Die geringste Transpiration weist die Esche auf.

*) Herrn Landforstmeister HOFFMANN, Koblenz, möchte ich auch an dieser Stelle für die freundliche Zurverfügungstellung der noch unveröffentlichten Untersuchungsergebnisse danken.

größeren Wasserverbrauch als die Fichte. Nur derjenige der Esche war bei diesen Untersuchungen allerdings noch wesentlich geringer.

Diese mit sehr verschiedenen Methoden vorgenommenen Untersuchungen über den Wasserverbrauch verschiedener Baumarten vertiefen unsere Erkenntnis über den Einfluß des Waldes auf den Wasserhaushalt einer Landschaft beträchtlich. *Sie zeigen, daß die Frage, welche Baumart den höheren Wasserkonsum hat und bei welcher man mit höheren Abflüssen rechnen kann, generell gar nicht zu entscheiden ist.* Je nach der Exposition, der Niederschlagshöhe und -verteilung, der Bestandesdichte, dem Alter der Bestände, dem Boden, seiner Durchwurzelung und seinem Wassergehalt schwankt der Wasserverbrauch bei den einzelnen Baumarten in sehr breitem Rahmen. Diese Streuung ist mit Sicherheit größer als die Unterschiede zwischen den Baumarten. Das gilt auch für den Vergleich zwischen Schatt- und Lichtbaumarten. Denn die Lichtbaumarten haben in der Regel eine Bodendecke von Gräsern, Kräutern, Sträuchern usw., deren Interzeptionsverlust und deren Transpiration zu der der Kronen hinzuaddiert werden muß.

*Diese Erkenntnis schließt jedoch nicht aus, daß auf bestimmten Standorten eine Baumart der anderen im Wasserverbrauch überlegen sein kann.* So sahen wir, daß bei größerer Wurzeltiefe der Buche manches für einen höheren Wasserverbrauch und damit für geringere Abflüsse unter Buchen- als unter einer Fichtenbestockung spricht. Es kommen aber auch viele Standorte vor, wo die Fichte fast ebenso tief wurzelt wie die Buche und wo die höheren Interzeptionsverluste der Fichte zusammen mit ihrer größeren Winterverdunstung zu niedrigeren Abflüssen gegenüber der Buche führen muß.

Dieses tiefere Eindringen in die Komplexität des Problems wird man als einen weiteren Fortschritt betrachten dürfen. Er zwingt uns, Verallgemeinerungen, wie sie von Presse und bekannten Fernsehautoren in leichtfertiger und geradezu unverantwortlicher Weise immer wieder verbreitet werden, mit aller Entschiedenheit entgegenzutreten. Die Kenntnis noch vorhandener Lücken unseres Wissens zwingt uns aber auch, die Forschung auf diesem Gebiet weiterhin mit allen Mitteln zu intensivieren, denn für eine planmäßige Steuerung der Produktion reichen unsere Kenntnisse der Verhältnisse am Einzelstandort noch bei weitem nicht aus. Die eingangs aufgestellte Voraussetzung, daß die wissenschaftliche Erkenntnis letztlich nur dann als Fortschritt betrachtet werden kann, wenn sie zur Erleichterung des menschlichen Lebens nutzbar zu machen sei, ist auf diesem Gebiet bisher nur teilweise erfüllt.

## III.

Wir wollen uns nun *dem letzten Abschnitt unserer Überlegungen, den Wasserbilanzen zuwenden.* Sie stellen das eigentliche Endziel forsthydrologischer Forschungen dar.

Dabei sei als erstes die Frage geprüft, ob die *forstliche Bodennutzung* zu einem höheren Wasserverbrauch führt als die *landwirtschaftliche.* Dieses Problem ist unter anderem von Kirwald

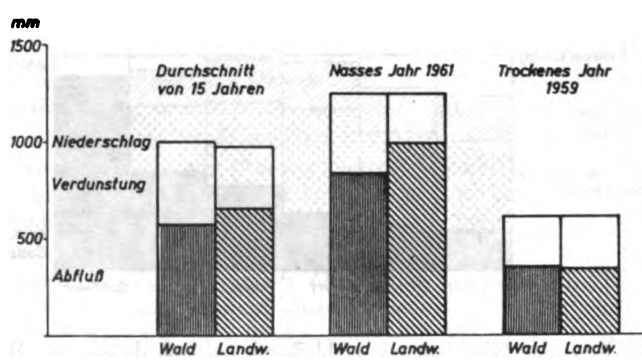



Abb. 11

*Wasserbilanz von 6 Einzugsgebieten aus dem Ruhrgebiet. Nach* Kirwald, *1969.*

Im Durchschnitt ist der Abfluß aus den landwirtschaftlich genutzten Gebieten größer als aus den Waldgebieten. Noch deutlicher tritt das in niederschlagsreichen Jahren, wie dem Jahr 1961, in Erscheinung. In trockenen Jahren, wie in dem Jahr 1959, ist der Abfluß aus dem Walde jedoch etwa ebenso groß wie aus dem landwirtschaftlich genutzten Gebiet.

(1969) an den Wassereinzugsgebieten des Ruhrtalsperrenverbands im nördlichen Sauerland gründlich studiert worden (Abbildung 11). Dabei zeigte sich, daß im langjährigen Durchschnitt die landwirtschaftlich genutzten Gebiete einen Abfluß von 67 %, die mit Fichte und Buche bestockten Waldgebiete aber nur einen solchen von 57 % des Gebietsniederschlags hatten. Der hohe Interzeptionsverlust unserer Schattbaumarten im maritimen Gebiet und die Wintertranspiration wirken sich also offenbar in der Regel auf den Abfluß ungünstig aus. Das gilt, wie eine Überprüfung der Einzeljahre zeigte, vor allem für die feuchten Jahre, wie z. B. 1961 (Abbildung 11, Mitte). In Trockenjahren, wie etwa 1959 (Abbildung 11, rechts), war der Abfluß aus den forstlich und den landwirtschaftlich genutzten Gebieten jedoch gleich groß, d. h. gerade dann, wenn Wassermangel herrscht, erweist sich der Wald dem landwirtschaftlich genutzten Gelände in der Wasserspende als ebenbürtig. Auch in anderen Vergleichsgebieten, wie etwa dem Rappen- und Sperbelgraben in der Schweiz, hat der Wald in trockenen Perioden etwa den gleichen Abfluß — wenn nicht einen höheren — wie das landwirtschaftlich genutzte Gebiet gehabt (Casparis, 1959).

Nach Molchanow (1957) haben Kiefernbestände aus der Nähe von Moskau sogar nur in der Zeit der Zuwachskulmination einen höheren Wasserverbrauch als landwirtschaftliche Kulturen.

Das hängt wahrscheinlich mit der *Zu- und Abnahme der Nadelmassen im Laufe des Bestandeslebens* zusammen. Diese Entwicklung sei in der folgenden Abbildung 12 gezeigt.

In dieser Abbildung ist oben für Kiefernbestände verschiedenen Alters der Anteil von Verdunstung von Boden und Bodenflora, der Interzeptionsverlust, die Transpiration und der dann noch

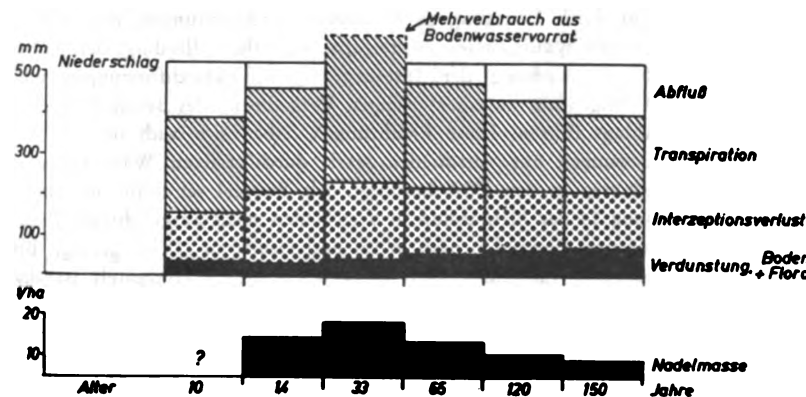



Abb. 12

*Wasserbilanz von verschieden alten Kiefernbeständen des Preisselbeertyps aus der Nähe von Moskau. Nach* Molchanov, *1957.*

Die Verdunstung von Boden + Bodenflora nimmt mit dem Alter zu. Der Interzeptionsverlust und die Transpiration sind im 33. Jahr, dem Zeitpunkt größter Nadelmassen am größten. In dieser Zeit findet daher kein Abfluß statt, ja, es werden noch Wasserreserven des Bodens vom Vorjahr verbraucht. Die größten Abflüsse findet man daher bei den ganz jungen und ganz alten Beständen.

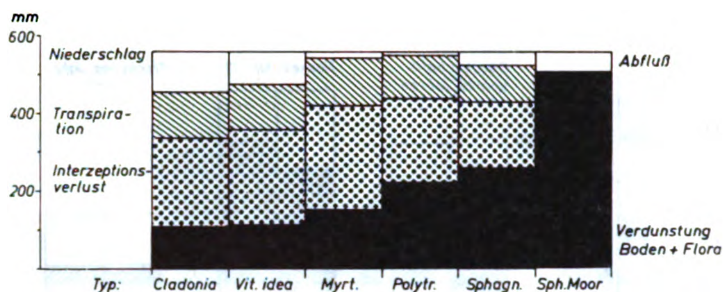



Abb. 13

*Wasserbilanz von 65j. Kiefernbeständen verschiedener Florentypen in der Nähe von Moskau, Nach* MOLCHANOV, *1957.*

Die Verdunstung von Boden + Bodenflora nimmt von den trockensten zu den nassesten Florentypen hin zu. Den größten Interzeptionsverlust und die größte Transpiration hat der Myrtillustyp. Den geringsten Abfluß hat jedoch der Polytrichum-Typ, bei dem die Verdunstung von Boden und Polytrichum + Interzeptionsverlust und Transpiration das größte Ausmaß haben. Der Abfluß ist bei den ganz trockenen und den ganz feuchten Florentypen größer.

als Rest des Niederschlags verbleibende Abfluß dargestellt. In einer zweiten Abbildung darunter wurde die Nadelmasse in t/ha dargestellt. Sie wurde für die 10jährigen Bestände nicht ermittelt.

Die Abbildung zeigt nun das Folgende:

Die Verdunstung von Boden und Bodenflora ist in der Jugend bei dichtem Bestandesschluß am geringsten. Sie nimmt mit der Auflichtung der Bestände mit dem Alter laufend zu.

Der Interzeptionsverlust ist zur Zeit der größten Nadelmassen und des höchsten Zuwachses, d. h. um das 33. Jahr, am größten, in der Jugend und im Alter aber sehr viel kleiner.

Auch die Transpiration ist im 33. Jahr, zur Zeit der größten Nadelmassen und der Kulmination des Zuwachses ganz besonders groß. In der Jugend und im Altbestand macht sie nur die Hälfte dieses Wertes aus.

Das führt insgesamt dazu, daß in der Kultur und auch noch im Dickungsstadium ein merklicher Abfluß stattfindet. Im 33jährigen Stangenholz wird dagegen in einzelnen Jahren mehr Wasser verbraucht als durch den Niederschlag angeboten wird. Das heißt, bei der Verdunstung werden die vorhandenen Bodenwasserreserven restlos ausgeschöpft. Im älteren Stangenholz von 65 Jahren führt die langsame Bestandesauflichtung dann aber wieder zu einem meßbaren Abfluß, der mit dem Alter immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Es ist anzunehmen, daß ähnliche Veränderungen auch in Fichtenbeständen verschiedener Altersstufen zu beobachten sind, da dort nach BURGER ähnliche Zu- und Abnahmen der Nadelmassen beobachtet wurden. Bei der Buche, bei der nach MØLLER die Laubmassen sich mit dem Alter weniger stark verändern, dürften die Abflüsse dagegen mit dem Alter nicht so starken Veränderungen ausgesetzt sein.

Ein weiterer Umstand, der für den Abfluß von Belang ist, ist der *Standort.* Dafür seien wieder die Ergebnisse von Untersuchungen in 65jährigen Kiefernbeständen aus der Nähe von Moskau von MOLCHANOV (1957) herangezogen.

In Abbildung 13 sind die Standorte dieser Kiefernbestände nach Florentypen von dem trockensten, dem *Cladoniatyp* (links), bis zu dem reinen Spagnum-Moor (rechts) dargestellt. Wie anzunehmen ist, nimmt die Verdunstung von Boden und Bodenflora mit zunehmender Bodenfeuchte zu. Sie erreicht im Moor mit 445 mm ihren größten Wert. Der Interzeptionsverlust ist bei den Kiefern des Myrtillus-Typs, die den größten Holzvorrat und entsprechend auch die größten Kronenmassen haben, am stärksten. Die wegen Wassermangel schwach bevorrateten Bestände des Cladonia-Typs haben ebenso wie die unter Wasserüberschuß leidenden des Sphagnum-Typs kleinere Kronenmassen und entsprechend geringere Interzeptionsverluste. (Auf dem Moor selbst konnte der Interzeptionsverlust nicht ermittelt werden, dürfte aber unerheblich sein.) Die Transpiration der Kiefer ist wie die Interzeption bei den Beständen des Myrtillus-Typs am größten.

Auffällig ist, daß sich der geringste Abfluß nun nicht bei den Kiefernbeständen des Myrtillus-Typs befindet, die den höchsten Holzvorrat und die größte Transpiration sowie den stärksten Interzeptionsverlust haben. Der niedrigste Abfluß ist vielmehr trotz geringerer Holzvorräte usw. beim Polytrichum-Typ zu beobachten. Ursache dafür ist der Luxuskonsum an Wasser durch das Polytrichum!

Wenn es sich dabei auch nicht um besonders große Beträge handelt, so scheint mir diese Tatsache doch von grundsätzlicher Bedeutung! Es müssen nicht immer die besten wüchsigsten Bestände sein, die den höchsten Wasserverbrauch haben. Es können auch Sonderumstände, wie hier der ungehemmte Wasserverbrauch der Bodenflora, für die Wasserbilanz den Ausschlag geben.

Auch in der *Landwirtschaft* gibt es *ähnliche Unterschiede im Wasserverbrauch.* Tiefwurzelnde Pflanzen, wie die Luzerne, haben sicherlich einen höheren Wasserkonsum als die Getreidearten oder die mit wenig Wasser auskommenden Hackfrüchte oder gar die Seradella.

Außerdem muß die von KELLER (1966) hervorgehobene Tatsache berücksichtigt werden, daß *mit dem Ansteigen der landwirtschaftlichen Erträge,* die infolge von Züchtung, Düngung und besserer Bodenbearbeitung in den letzten Jahrzehnten bekanntlich eminent zugenommen haben, auch *ein höherer Wasserkonsum* entstanden ist. Es geht der Landwirtschaft in dieser Beziehung nicht anders als der Forstwirtschaft: hohe Zuwachsleistungen müssen mit einer Erhöhung des Wasserverbrauchs bezahlt werden.

Schließlich muß auch hier noch einmal auf die Bedeutung des Großklimas hingewiesen werden. In kontinental getönten Gebieten mit anhaltendem Winterfrost ist der Interzeptionsverlust und die Wintertranspiration des Waldes von viel geringerer Bedeutung als im maritimen Bereich mit häufigem Wintertauwetter. So waren im Gegensatz zu KIRWALDS Untersuchungen im Ruhrgebiet in zwei Einzugsgebieten aus Mähren die Abflüsse aus dem landwirtschaftlich genutzten und dem mit Fichten-Buchen und Tannen bestockten Waldgebiet bei 28jähriger Beobachtung so gut wie gleich (VALEK, 1961).

Zwar wird man bei uns *in der Regel mit einem höheren Wasserverbrauch bei Waldbestockung als bei landwirtschaftlicher Nutzung rechnen müssen. Trotzdem wird man im Einzelfall sehr genau prüfen müssen, ob es wirklich von Vorteil ist, Wald in landwirtschaftliche Nutzung zu überführen, da der Wald ja nicht nur die Aufgabe der Wasserlieferung sondern auch eine Fülle anderer landeskultureller, wirtschaftlicher und sozialer Aufgaben zu erfüllen hat.*

Näher liegt die Überlegung durch *Verminderung der Walddichte,* also durch Übergang zu stärkeren Durchforstungen, den Abfluß aus den Waldgebieten zu steigern. Wir sahen allerdings bereits bei der Besprechung der Interzeption, daß Durchforstungen und Ästungen nur zu einer geringen Vermehrung des Bestandesniederschlags führen. Diese Erfahrungen haben sich auch bei Abflußmessungen aus verschieden stark durchforsteten Wassereinzugsgebieten in den USA bestätigt. Als Beispiel sei dafür in Abbildung 14 der Mehrabfluß in verschieden stark aufgelichteten Pinus contorta-Beständen nach WILM und DUNFORD (1948) gezeigt. Bis zu einer Entnahme von 50 % des Holzvorratskapitels ist der Mehrabfluß unbedeutend. Erst von da ab wird er wirtschaftlich von Belang. Auch andere Durchforstungsversuche, wie etwa derjenige im Fernow-Forst, zeigten, daß bei Entnahme von 20 - 30 % des Vorrats der Abfluß nur um 1 - 3 % vermehrt werden kann.

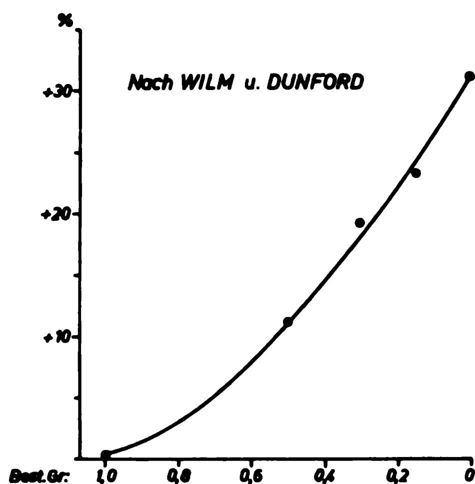



Abb. 14

*Abflußsteigerungen bei Abnahme des Bestockungsgrades in einem Pinus-contorta-Bestand in den USA. Nach* Wilm *und* Dunford, *1948.*

Bei einer Absenkung des Bestockungsgrades im Rahmen einer mäßigen bis starken Durchforstung, also auf 0,8 bis 0,7, ist die Abflußsteigerung nicht sehr groß. Sie nimmt erst von Bestockungsgraden von etwa 0,5 an namhafte Werte an.

Bei dem raschen Schließen des Kronendachs bedeuten so geringe Steigerungsbeträge keinen irgendwie zu Buche schlagenden Erfolg.

*Wirkungsvoller ist daher ohne Zweifel ein Kahlschlag.* In Abbildung 15 wird z. B. der Mehrabfluß nach Kahlschlag in einem Einzugsgebiet aus den Alleghanies im Osten der USA, und zwar aus dem bekannten hydrologischen Waldlaboratorium von Coweeta, gezeigt (Hibbert, 1967). Es handelt sich um Laubwaldungen aus verschiedenen Eichenarten, Zuckerahorn, Liriodendron usw., die vor dem Kahlschlag gut bestockt waren. Der Niederschlag in dieser Gegend ist mit rd. 1800 mm ziemlich hoch. Dabei herrschen Lufttemperaturen mit einem Jahresdurchschnitt von 12,8 °C. Die Verdunstungsbedingungen sind daher sehr viel

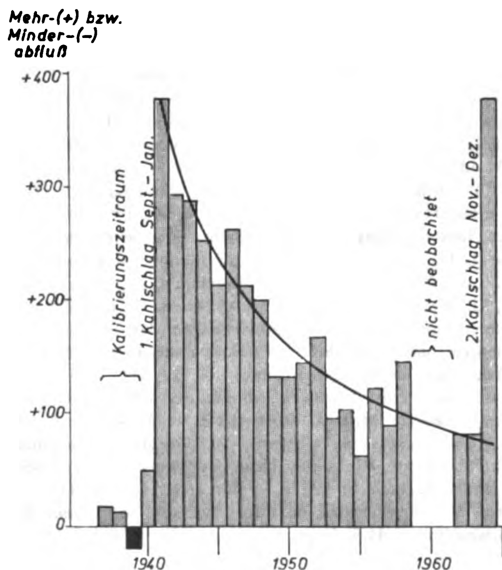



Abb. 15

*Mehrabfluß nach Kahlschlag in einem Laubholzbestand in mediterranem Klima von Coweeta, USA. Nach* Hibbert, *1967.*

Mit dem Kahlschlag schnellt der Abfluß in diesem niederschlagsreichen Gebiet (1800 mm) steil hoch. In den Folgejahren nimmt er infolge der Wiederbegrünung und der Wiederbewaldung dann aber sehr rasch, später langsamer auf etwa 1/4 des Ausgangsbetrages ab. Ein neuer Kahlschlag führte 1964 wieder zu einer Abflußerhöhung im alten Ausmaß.

günstiger als bei uns. Ein Mehrabfluß von 370 mm, d. h. von 47 %, wie er durch den ersten Kahlschlag in Coweeta erzielt wurde, wäre bei uns nicht zu erwarten. Das ist jedoch auch nicht das Entscheidende an unserer Abbildung. Sie zeigt vielmehr, daß nach dem Kahlschlag der Mehrabfluß in einer logarithmischen Kurve zurückgeht. Denn mit dem Aufkommen der Schlagflora und der Folgegeneration läßt der Mehrabfluß zunächst sehr rasch nach. Auch bei Untersuchungen im Tal der langen Bramke im Harz ist nach dem Kahlschlag mit dem Heranwachsen der neuen Fichtengeneration ein Rückgang des Abflusses zu beobachten.

Danach scheint es nicht ausgeschlossen, daß eine Verjüngung unserer Bestände im Kahlschlaggebiet mit Wiederaufforstung im Weitverband eine Zeitlang wasserwirtschaftliche Vorteile bringen kann, so bedenklich derartige Verfahren auch aus waldbaulicher Sicht in vielen Fällen sein mögen.

Wichtig erscheint mir auch die gleichfalls in den USA gemachte Erfahrung, daß die *Entwaldung von Wiesentälern den Abfluß zu steigern vermag.* Die Bachuferbestockung selbst hat zwar nur geringe Bedeutung, denn ihr Wasserverbrauch ist gegenüber derjenigen größerer Waldflächen unbedeutend. Breite Wiesentäler aber, in denen die Waldbäume vollen Grundwasseranschluß finden, führen zu einem erheblichen Luxuskonsum an Wasser. Zwar ist gerade hier auch der forstliche Zuwachs besonders groß, er wird jedoch mit einem unrationell hohen Wasserverbrauch erkauft. *Die Aufforstung von Wiesentälern in Waldgebieten sollte daher auf jeden Fall vermieden werden.* In Gebieten mit großem Wassermangel wäre sogar sehr ernsthaft zu prüfen, ob man feuchte Senken und dgl. nicht aus der Waldnutzung herausnehmen sollte. Es ist dabei durchaus nicht notwendig, diese Flächen jährlich zu mähen, denn das trockene Gras stellt im Frühjahr und Herbst einen sehr wirksamen Verdunstungsschutz dar und trägt damit nicht unerheblich zur Vermehrung des Wasserangebots bei.

Kehren wir nun zum Ausgangspunkt unserer Überlegungen zurück. Können unsere Forschungen über das Problem „Wald und Wasser" zu einem echten Fortschritt, zu einer Erleichterung des menschlichen Lebens beitragen?

Ich möchte meinen, daß man diese Frage bedingt bejahen kann. Denn die angeführten Beispiele haben uns bereits eine Reihe wertvoller Hinweise gegeben, mit welchen Maßnahmen man die Wasserspende von Waldgebieten vergrößern kann, welche Maßnahmen einen größeren und welche einen geringeren Erfolg versprechen. Freilich sind wir über sehr zahlreiche Teilprobleme noch längst nicht so ausreichend informiert, daß wir sie für den Einzelfall sicher zu beurteilen vermöchten. *Eine Intensivierung und Erweiterung der Forschung ist daher dringend geboten. Denn die Wasserfrage wird mit Sicherheit in Zukunft zu einem immer fühlbareren Engpaß in unserem Leben werden.*

## Zusammenfassung

Wissenschaft bedeutet heute nicht in jedem Fall einen Fortschritt sondern nur dann, wenn sie das Leben erleichtert ohne schädliche Nebenwirkungen zu hinterlassen.

Am Beispiel des Einflusses des Waldes auf den Wasserhaushalt wird gezeigt, wie wenig mit wissenschaftlichen Durchschnittsergebnissen zu gewinnen ist, wenn man die Detailfragen außer acht läßt, die diese Ergebnisse bedingen.

Sehr eindringlich läßt sich das an Kronendurchlaß, Stammablauf und Interzeptionsverlust aufzeigen. Eine Reihe verschiedener Umstände, wie die Niederschlagshöhe, Besonderheiten in der Reaktion der Baumarten, Geländeausformung, Winterklima und wirtschaftliche Maßnahmen, sowie der Boden und seine Durchwurzelung, können von den Durchschnittsverhältnissen völlig abweichende Einzelergebnisse verursachen.

Weiterhin ist an die Wasserbewegung im Boden zu denken, die nach Bodenart, Baumart, Bestandesalter und anderen Umständen

verschieden sein kann und durch die der Wasserentzug für die Transpiration stark beeinflußt wird. Eine allgemein gültige Regel, welche Baumart sich wasserwirtschaftlich am günstigsten verhält und die höchsten Abflußspenden gewährt, läßt sich daher nicht geben. Nur für den Einzelstandort lassen sich zuverlässigere Aussagen machen.

Der Abfluß aus landwirtschaftlichen Gebieten ist in der Regel größer als aus Waldgebieten, wenn auch in Trockenzeiten der Wald nicht schlechter abschneidet als die Landwirtschaft. Kahlschläge vermögen besser als Durchforstungen eine zeitlich begrenzte Vermehrung des Wasserdargebots herbeizuführen.

Unsere bisherigen Untersuchungen vermögen der forstlichen Praxis zwar gewisse Hilfen hinsichtlich möglichst hoher Wasserspenden zu geben. Es wird jedoch noch sehr umfangreicher Forschungen bedürfen, ehe man sagen kann, daß wir auf diesem Gebiet einen entscheidenden Fortschritt erreicht haben.


### Summary

Title of the paper: *Science and progress, the example of forest and water.*

Science to-day is progress only if it improves life without damaging side-effects. The hydrological effect of forests shows that result averages are of little use unless the special conditions are considered under which they were derived.

This is demonstrated with interception loss, stem-flow and through-fall which are subject to rainfall amounts, species characteristics, topography, winter climate, management, soil, and rooting intensity. Also to be considered are water movement in the soil, which depends on soil texture, species, age and transpirational use. There is little room for generalizing statements which species is hydrologically best and produces the largest outflows. More reliable statments can be made only for the individual site.

The water discharge is as a rule larger from fields than from forests, but differences disappear during drought. Clear fellings cause temporary increase of outflow more than thinnings.

Results to date give certain guidance to higher water yields, but much more research is needed before substantial progress can be achieved in this field. E. F. Bn.



### Résumé

Titre de l'article: *Science et progrès; exemple: la Forêt et l'Eau.*

Aujourd'hui Science ne signifie pas toujours Progrès; c'est seulement le cas si la Science contribue à rendre la vie plus facile sans laisser pour autant des retombées nocives.

En prenant comme exemple l'influence de la forêt sur les réserves en eau, on peut montrer que si l'on s'en tient aux résultats moyens des expériences scientifiques, sans prendre en considération tous les points de détails qui conditionnent ces résultats, les enseignements que l'on en tirera seront fort maigres.

Cela peut être parfaitement mis en évidence en considérant les quantités d'eau traversant la couronne et s'écoulant le long des futs ainsi que les pertes d'eau dues à l'interception. Suivant les conditions telles que la hauteur des précipitations, les particularités des essences forestières, la configuration du terrain, le mode de gestion ou encore le type de sol, les résultats unitaires obtenus pourront s'écarter considérablement des résultats moyens.

Il convient aussi de penser aux mouvements de l'eau dans le sol qui seront très différents suivant les types de sol, l'essence l'âge du peuplement et diverses autres conditions; ils sont également très influencés par l'importance des quantités d'eau enlevées par la transpiration.

On voit qu'il est impossible de donner une règle générale selon laquelle telle essence aurait le meilleur comportement vis à vis de l'économie de l'eau et assurerait les disponibilités les plus importantes; c'est seulement pour une station donnée que des renseignements sûrs peuvent être fournis.

En règle générale, le ruissellement est plus important dans les régions agricoles que dans les zones boisées; cependant pendant les périodes sèches il n'est pas moins important en forêt qu'en terrain cultivé. Des coupes à blanc augmenteront plus les disponibilités en eau que des coupes d'éclaircies, mais pour temps limité seulement.

Grâce aux recherches poursuivies jusqu'à ce jour, la pratique forestière a pu contribuer d'une manière relativement importante à l'augmentation des ressources en eau. Cependant de vastes programmes de recherches sont encore nécessaires avant que l'on puisse affirmer avoir obtenu dans ce domaine un progrès décisif.

J. M.


### Literaturverzeichnis


Casparis, E., 1959: 30 Jahre Meßstation im Emmental. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Versuchswesen 35: 179 - 224. — Chroust, L., 1965. Porostí klima smrkových tyčkovin při silnými zásahy. Lesnický výchově časopis 11; 1067 - 1088. — Hibbert, A. R., 1967: Forest treatment effects on water yield. In: Forest Hydrology. Ed. Sopper, W. E., und Hull, H. W. Pergamon Press, Oxford, S. 527 - 544. — Holstener-Jørgensen, H., 1961: Undersøgelse af traearts- og aldersindflydelsen på grundvandstanden i skovtraebevoksninger på Bregentved. Det Forstl. Forsøsvaesen i Danmark 27: 233 - 480. — Kalela, E., 1957: Über Veränderungen in den Wurzelverhältnissen der Kiefernbestände im Laufe der Vegetationsperioden. Acta For. Fennica 65: 1 - 42. — Kirwald, E., 1969: Wasserhaushalt und Einzugsgebiet. Vulkan-Verlag, Essen. — Kittredge, J., Loughead, H. J. und Mazurak, A., 1941: Interception and stemflow in a Pine plantation. Journ. of For. 39: 505 - 522. — Keller, R., 1966: Aktuelle Probleme der wissenschaftlichen Hydrologie. Freiburger Universitätsblätter 13: 37 - 48. — Ladefoged, K., 1963: Transpiration of trees in closed stands. Physiologia plantarum. 16: 378 - 414. — Lang, W., 1970: Ökologisch-hydrologische Untersuchungen in verschieden stark durchforsteten Fichten- und Lärchenbeständen des Schwarzwaldes. Dissertation, Freiburg/Br. — Mitscherlich, G. und Moll, W., 1970: Untersuchungen über die Niederschlags- und Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse in einigen Nadel- und Laubholzbeständen in der Nähe von Freiburg/Br. AFJZ 141: 49 - 60. — Mitscherlich, G., 1970/71: Wald, Wachstum und Umwelt. 1. Bd. Form und Wachstum von Baum und Bestand. 2. Bd. Waldklima und Wasserhaushalt. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/M. — Molchanov A. A., 1957: Die hydrologische Rolle des Kiefernwaldes auf Sandböden. Deutscher Bauernverlag. — Ovington, J. D., 1954: A comparison of rainfall in different woodlands. Forestry 27: 41 - 53. — Schlenker, G., Dieterich, H., Müller, S., Benecke, P., Babel, U., Evers, F. H., Blume, P., Münnich, O. und Zimmermann, U., 1969: Untersuchungen über die Auswirkungen des Fichtenreinanbaus auf Parabraunerden und Pseudogleyen des Neckarlandes. Mitt. d. Vereins forstl. Standortskde. und Forstpflanzenzüchtung, 19: 72 - 114. — Stahl, W., 1933 Der Wasserhaushalt von Verwitterungsböden des Buntsandsteines in Fichten- und Buchenbeständen. Mitt. a. Forstwirtsch. u. Forstwiss. 4: 495 - 544. — Valek, Z., 1962: Lesy, Pole a Pstviny v. Hydrologii Pramenných oblastí Kychové a Zděchovky. Výzkumný Ustav Vodohospodárský Práce a Studie, Sesit 106. Praha-Podbaba S. 108 ff. — Wilm, H. G. und Dunford, E. G., 1948: Effect of timber cutting on water available for stream flow from a lodgepole pine forest. U.S. Dep. Agr. Techn. Bull. 968.

# Die Herleitung neuer Massentafeln für die Douglasie in Nordwestdeutschland

(Aus der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abtlg. A Ertragskunde)

(Mit 1 Abbildung u. 8 Tabellen)

Von Dieter Bergel, Göttingen

Gliederung



## 1. Einleitung

Die Arbeit ist ein Auszug aus einem Abschnitt der Dissertation des Verfassers, die auf Anregung von Herrn Professor Dr. Schober, Direktor des Instituts für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Forstlichen Fakultät in Hann. Münden entstand.

Herrn Professor Dr. Schober möchte ich für die Bereitstellung des Grundlagenmaterials, für die wertvolle Beratung und die großzügige Unterstützung herzlich danken.

Für das große Entgegenkommen bei der Inanspruchnahme der Hilfe der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt darf ich Herrn Oberforstmeister Dr. Seibt meinen Dank aussprechen.

Weiterhin danke ich Herrn P. J. Faber, Wageningen, für die Überlassung von Probestammunterlagen und Herrn Oberforstmeister Dr. Gusovius für die Bereitstellung zusätzlicher Probestämme im Hess. Forstamt Oedelsheim.

Besonders für die Unterstützung bei der Erfassung und Aufbereitung der Versuchsflächenunterlagen und für das Ablochen der Datenkarten möchte ich den Mitarbeitern der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt danken.

Die Arbeit wurde aus Mitteln des niedersächsischen Zahlenlottos unterstützt, wofür ich an dieser Stelle meinen Dank ausspreche.

In den letzten Jahren weist der Douglasienanbau in der Bundesrepublik Deutschland eine stark zunehmende Tendenz auf, was z. B. Henne (1970) für den hessischen Staatswald darlegt. Diese Entwicklung ist in erster Linie auf die hervorragende Ertragsleistung der Douglasie zurückzuführen. Auf vielen Standorten, die zur Zeit mit unrentablen Baumarten bestockt sind, bietet sich die Douglasie aufgrund ihrer Wuchseigenschaften und Standortsansprüche als geeignete Nachfolgebestockung an (Kremser (1969), Kleinschmit (1970), Speidel (1969) u. a.).

Die Erforschung ertragskundlicher Gesetzmäßigkeiten durch Auswertung des vorhandenen Grundlagenmaterials gewinnt daher immer mehr an Bedeutung. Die Herleitung gesicherter Zahlenunterlagen über Formzahl und Masse des Einzelstammes mit Hilfe mathematisch statistischer Methoden soll in dieser Arbeit dargelegt werden.

## 2. Vorliegende Untersuchungen; Grundlagenmaterial

Untersuchungen über Formzahl und Masse am Einzelstamm der Douglasie sind bis jetzt in Deutschland aufgrund der im Vergleich zu anderen Baumarten verhältnismäßig geringen Anzahl an älteren Versuchsflächen nur in wenigen Fällen durchgeführt worden. Das Grundlagenmaterial war hierbei — besonders im stärkeren Durchmesserbereich — meist nicht ausreichend. Hausser (1956) veröffentlichte eine Derbholzmassentafel, die vorwiegend auf Probestämmen aus Baden und Württemberg (95%) aufbaut. Hengst (1956) stellte zur gleichen Zeit eine Derbholzmassentafel, eine Derbholzformzahltafel und eine Schaftholzformzahltafel speziell für Sachsen auf. Schließlich ist noch die von der Forstlichen Versuchsanstalt in Wageningen im Jahre 1957 berechnete Schaftholzmassentafel zu erwähnen.

Die Massentafel von Hausser wurde nach dem graphischen Ausgleichsverfahren aufgestellt. Hausser gibt hierzu an: „Oberhalb von Durchmesser 39 cm und Höhe 34 cm werden die Unterlagen spärlicher. Gleichzeitig nimmt die Streuung stark zu, so daß die Tafel oberhalb dieser Grenze mit Vorsicht anzuwenden ist. Die Tafel bedarf also einer Überprüfung und Ergänzung, sobald weitere Werte von starken Douglasien vorliegen". Weiterhin regt Hausser an, nach Anfall von genügend zusätzlichem Material zu prüfen, ob auch bei der Douglasie getrennte Massentafeln für jüngere und ältere Bestände aufgestellt werden müssen.

Hengst betont: „Die Formzahltafeln tragen keinen allgemeingültigen und endgültigen Charakter. Sie bauen auf einem, dem Seltenheitswert der Douglasie entsprechend geringen Grundlagenmaterial auf und haben nur für das Untersuchungsgebiet, speziell für Sachsen, das die meisten Unterlagen lieferte, Gültigkeit".

Auch die Tafeln von Hengst sind nach dem graphischen Ausgleichsverfahren zusammengestellt worden.

Die Niederländische Schaftholzmassentafel ist aus der einfachen Regression: Schaftholzformzahl (f) = $0.641 - 0.0362 \times \sqrt{d}$ abgeleitet worden. Es besteht also nur eine Abhängigkeit der Formzahl vom Brusthöhendurchmesser (d) als Eingangsgröße.

Die folgenden Untersuchungen befassen sich mit der unechten Formzahl des Schaftholzes und des Derbholzes und den hieraus abgeleiteten Einzelstammassen in Abhängigkeit von Baumhöhe und Brusthöhendurchmesser. Auf die Verwendung zusätzlicher Eingangsgrößen, die z. B. Pollanschütz (1965) in Form von Durchmessern in relativen Baumhöhen vorschlägt, wird verzichtet. Es kann nach letzterem Verfahren zwar eine etwas größere Genauigkeit der Massenermittlung erreicht werden; für die forstliche Praxis, insbesondere für die Forsteinrichtung, ist diese Methode jedoch nicht geeignet, da die relativ geringe Zunahme an Genauigkeit (2 - 3%) durch erheblich kompliziertere und damit kostspieligere Aufnahmeverfahren erkauft werden müßte.

Das Grundlagenmaterial für die folgenden Berechnungen besteht aus 477 Probestämmen von Versuchsflächen der ehemaligen Herzogl. Braunschweigischen Forstlichen Versuchsanstalt und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. Außerdem wurden mir die Grunddaten von 75 weiteren Stämmen freundlicherweise von Herrn Faber aus der Niederländischen Versuchsanstalt in Wageningen zur Verfügung gestellt.

Eine große Zahl der Sektionsmessungen stammt aus Windwurfflächen, so daß nicht nur Durchforstungsmaterial, sondern auch Erhebungen im verbleibenden Bestand erfaßt wurden. Die Probestämme sind alle nach 2-m-Sektionen vermessen; das oberirdische Stockholz ist in den Maßen enthalten. In Tabelle 1 ist die Verteilung der Stämme auf Durchmesser- und Höhenklassen angegeben.

Von den insgesamt 552 Probestämmen liegen für 331 Stämme Schaftholz- und Derbholzmessungen vor. Für 60 Stämme aus den Niederlanden konnte nur das Schaftholz berechnet werden. An den restlichen 161 Stämmen, die alle einen Brusthöhendurchmesser von mehr als 34 cm haben, sind nur Derbholzmessungen vorgenommen worden. Es konnte an 26 Probestämmen nachgewiesen werden, daß die Schaftreisholzspitze ab 35 cm d ein konstantes Volumen von ca. 0.0043 cbm hat. Der Variationskoeffizient liegt bei 11,3%. Die Streuung (Fehler) des Mittelwertes = $s\bar{x}$ beträgt ± 0,0001.

Da das Schaftreisholzvolumen bei einem Brusthöhendurchmesser von 35 cm und einer Höhe von 30 m lediglich einen Anteil von 0,4% am Gesamtvolumen des Schaftholzes aufweist und dieser

Tabelle 1

**Verteilung der Douglasien-Probestämme auf Höhen- und Durchmesserklassen**

| | — *Höhen-m* — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4<br>5 | 6<br>7 | 8<br>9 | 10<br>11 | 12<br>13 | 14<br>15 | 16<br>17 | 18<br>19 | 20<br>21 | 22<br>23 | 24<br>25 | 26<br>27 | 28<br>29 | 30<br>31 | 32<br>33 | 34<br>35 | 36<br>37 | 38<br>39 | 40<br>41 | 42<br>43 | Sa |
| ***d* cm:** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6/7 | 1 | 6 | 8 | 10 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 26 |
| 8/9 | | 4 | 25 | 19 | 15 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | 65 |
| 10/11 | | | 12 | 25 | 12 | 5 | 3 | | | | | | | | | | | | | | 57 |
| 12/13 | | | 1 | 12 | 18 | 19 | 3 | | | | | | | | | | | | | | 53 |
| 14/15 | | | | 1 | 4 | 9 | 3 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | 20 |
| 16/17 | | | | – | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | 14 |
| 18/19 | | | | 1 | – | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 2 | | | | | | | | | | 15 |
| 20/21 | | | | | 1 | – | – | – | 3 | 3 | 4 | | | | | | | | | | 11 |
| 22/23 | | | | | | | | | 2 | 12 | 3 | 1 | | | | | | | | | 18 |
| 24/25 | | | | | | | | | – | 6 | 7 | 4 | | | | | | | | | 17 |
| 26/27 | | | | | | | | | 2 | 5 | 10 | 4 | 1 | | | | | | | | 22 |
| 28/29 | | | | | | | | | | 2 | 6 | 6 | – | | | | | | | | 14 |
| 30/31 | | | | | | | | | | 1 | 2 | 5 | 4 | | | | | | | | 12 |
| 32/33 | | | | | | | | | | 1 | 3 | 3 | 5 | 2 | | | | | | | 14 |
| 34/35 | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 6 | 6 | 7 | | | | | 25 |
| 36/37 | | | | | | | | | | | | – | 5 | 4 | 10 | 7 | 5 | 1 | | | 32 |
| 38/39 | | | | | | | | | | | | – | 1 | 3 | 8 | 6 | 9 | – | | | 27 |
| 40/41 | | | | | | | | | | | | 2 | – | 5 | 4 | 3 | 5 | 2 | | | 21 |
| 42/43 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 5 | 1 | | | 14 |
| 44/45 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | – | 3 | 5 | 3 | 9 | – | 1 | 23 |
| 46/47 | | | | | | | | | | | | | – | 1 | – | 1 | 1 | 2 | 3 | – | 8 |
| 48/49 | | | | | | | | | | | | | – | – | 1 | – | – | 1 | 2 | 1 | 5 |
| 50/51 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | – | 1 | – | 1 | 2 | - | 6 |
| 52/53 | | | | | | | | | | | | | – | – | – | – | – | 2 | 2 | – | 4 |
| 54/55 | | | | | | | | | | | | | – | – | – | – | – | 2 | 4 | 2 | 8 |
| 56/57 | | | | | | | | | | | | | 2 | – | – | – | – | 1 | 3 | – | 6 |
| 58/59 | | | | | | | | | | | | | 1 | – | – | – | – | 1 | 2 | 1 | 5 |
| 60/61 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | – | – | – | – | 2 | 1 | .. | 5 |
| 62/63 | | | | | | | | | | | | | – | – | – | – | – | – | 2 | -- | 2 |
| 64/65 | | | | | | | | | | | | | 1 | – | – | – | – | – | – | – | 1 |
| 66/67 | | | | | | | | | | | | 1 | – | – | – | – | – | – | – | 1 | 2 |
| Sa | 1 | 10 | 46 | 68 | 53 | 39 | 14 | 6 | 14 | 35 | 37 | 32 | 27 | 24 | 33 | 33 | 28 | 25 | 21 | 5 | 552 |

Prozentsatz bis zum Brusthöhendurchmesser von 60 cm (Höhe 40 m) auf 0,1 % sinkt, konnte das berechnete durchschnittliche Schaftreisholzvolumen zur Umrechnung der 161 Stämme mit Derbholzmessungen in Schaftholz ohne weiteres verwendet werden. Es standen somit alle 552 Probestämme zur Berechnung der Schaftholzformzahl- bzw. Schaftholzmassentafel zur Verfügung.

### 3. Schaftholzuntersuchungen

#### *3.1 Methodik, Ausgleichsfunktionen*

Die meisten der vorliegenden Massen- und Formzahltafeln der verschiedenen Baumarten sind nach dem graphischen Ausgleichsverfahren aufgestellt worden. Dieses Verfahren weist jedoch verschiedene Mängel auf: Durch die notwendige Aufgliederung des Materials in die einzelnen Durchmesser- und Höhenstufen ist eine sehr große Anzahl an Probestämmen in allen Dimensionsbereichen erforderlich, um eine hinreichende Genauigkeit der Ausgleichskurven zu erzielen. Ein weiterer Nachteil liegt vor allem in der Subjektivität beim graphischen Ausgleich der Punktwolken; besonders bei den stärkeren Durchmessern und den größeren Höhen ist die graphische Ausgleichskurve mit einem größeren Fehler behaftet, da in diesen Bereichen die Unterlagen naturgemäß gering sind. Schließlich ist die fehlende Möglichkeit einer exakten Fehlerschätzung zu erwähnen; Letzteres gilt vor allem für die Beurteilung von möglichen Unterschieden zwischen Teilstichproben; z. B. zwischen verschiedenen Altersklassen, Durchforstungsgraden oder Wuchsgebieten.

Die genannten Mängel werden durch die Anwendung der mathematisch-statistischen Methode behoben. Nach den Untersuchungen von Schmitt und Schneider (1959) sind zur Berechnung einer Massentafel nach der Methode der kleinsten Quadrate etwa 200 Probestämme notwendig, wenn diese die interessierenden Bestände gut repräsentieren und zufällig aus diesen Beständen herausgegriffen wurden. Die für die vorliegenden Untersuchungen vorhandene Anzahl von 552 Probestämmen dürfte deshalb völlig ausreichend sein, um eine Massentafel nach dem mathematisch-statistischen Verfahren zu berechnen.

Normalverteilung kann bei dieser Größenordnung unterstellt werden. Hinzu kommt, daß auch die starken Durchmesser mit einem ausreichend großen Anteil vertreten sind. So liegen 20 % der Stämme im Durchmesserbereich ab 40 cm, während in diesen Bereich bei Hausser nur 3 % der Gesamtstammzahl fallen.

Ziel der mathematisch-statistischen Methode zur Aufstellung von Formzahl- bzw. Massentafeln ist die Berechnung einer Beziehungsgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Die

Abhängigkeit der Variablen „Y" (Formzahl, Volumen) von mindestens zwei unabhängigen Variablen „Xi" (Durchmesser, Höhe und Kombinationen bzw. Transformationen) wird durch eine Regressionsgleichung dargestellt. Hierbei wird gefordert, daß die Quadrate aus den Abweichungen zwischen den beobachteten Werten und den berechneten Funktionswerten ein Minimum bilden. Zweckmäßigerweise werden durch Transformationen aus den vorgegebenen Daten Quotienten, Produkte oder Logarithmen gebildet, um eine lineare Beziehung zwischen den unabhängigen Variablen und der abhängigen Variablen zu erhalten. Durch die Transformation wird die Anpassung erleichtert. Weiterhin werden verschiedene Testverfahren (z. B. Kovarianzanalysen), die Linearität voraussetzen, ermöglicht. Die Annahmen für die transformierten Daten können hierbei auch für die Originaldaten unterstellt werden (STEEL and TORRIE (1960)).

Ein großer Teil der Arbeit mußte zunächst darauf verwandt werden, die für den Ausgleich des Probestammaterials geeignete Anpassungsfunktion zu finden. Herr Privatdozent Dr. SCHMITT hat freundlicherweise die Berechnung der bekannten logarithmischen Volumengleichung mit dem in Gießen bestehenden Programm auf der ZUSE Z 23 übernommen. Herr Ofm. Dr. KENNEL hat mit seinem in München entwickelten Programm die Quotientengleichung von H. A. MEYER (1953) und einige andere Testfunktionen auf der IBM 7090 berechnet (KENNEL 1966)).

Für die Unterstützung bei den Berechnungen danke ich Herrn Dr. SCHMITT und Herrn Dr. KENNEL sehr.

Schließlich wurden von mir auf der IBM 7040 der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen ca. 75 verschiedene Testrechnungen mit multiplen Regressionsgleichungen (Formzahl- und Volumengleichungen) mit bis zu 5 unabhängigen Variablen durchgeführt. In die engere Wahl kamen nach Abschluß der Rechenarbeiten die Funktionen, die einen möglichst großen Korrelationskoeffizienten (R) und eine möglichst kleine prozentuale Streuung der Einzelwerte um die Funktion (s %) aufweisen. In der *Tabelle 2* sind die Volumen- und Formzahlgleichungen zusammengestellt, die dem Grundlagenmaterial am besten angepaßt sind.

Die Korrelationskoeffizienten (R), durch welche der Grad des Zusammenhanges zwischen den Variablen gemessen wird, sind nach STEEL and TORRIE (1960) statistisch sehr gut gesichert. Die prozentuale Streuung (s %) von ca. 7,2 % ist im Vergleich zu anderen Massentafeln recht gering. SCHMITT errechnete zum Beispiel aus 2178 Fichtenstämmen des Vogelsberges bei Anwendung der logarithmischen Volumengleichung eine prozentuale Standardabweichung von + 9,0 % / — 8,8%. SCHUMACHER and DOS SANTOS HALL (1933) ermittelten für die Douglasie (217 Stämme) ein s % von + 23,7 % / —19,2 %.

Nach dem Signifikanztest für sämtliche Variable der Formzahlgleichungen Nr. 2, 4 und 6 konnte festgestellt werden, daß von der Ausgleichsfunktion Nr. 6 nur zwei unabhängige Variable: 1/log (d) und h/d einen gesicherten Einfluß auf die Formzahl ausüben, während die übrigen drei unabhängigen Variablen zu verwerfen sind (= Nr. 7).

Weiterhin konnten die auf vier unabhängige Variable reduzierten Gleichungen Nr. 3 und 5 und die Gleichung Nr. 1 für die weiteren Berechnungen noch in Frage kommen. Wie die Testrechnungen für die unabhängigen Variablen ergeben haben, reicht die Herleitung der Formzahlen allein in Abhängigkeit vom Brusthöhendurchmesser nicht aus. Der Einfluß der Eingangsgröße: „Höhe" ist in jedem Falle gesichert. Die im Anhalt an die Formel der Niederländischen Schaftholztafel von 1957 berechnete einfache Regressionsgleichung Nr. 8 paßt sich dem Ausgangsmaterial nicht so gut an wie die übrigen Gleichungen, da hier die Abhängigkeit von der Höhe nicht berücksichtigt wird.

Als nächster Schritt war nun festzustellen, welche von den nach mathematisch-statistischer Prüfung gut geeigneten Anpassungsgleichungen die größte Übereinstimmung mit dem Grundlagenmaterial erbrachte. Hierzu wurden für verschiedene Stärkeklassen und Höhenklassen die arithmetischen Mittel der Brusthöhendurchmesser, Höhen und Schaftholzformzahlen der Probestämme berechnet und mit den entsprechenden Formzahlen aus den Ausgleichsfunktionen verglichen. In Tabelle 3 sind die berechneten Vergleichswerte und die prozentualen Abweichungen für die Gleichungen Nr. 1, 3 und 7 zusammengestellt. Letztere betragen bei den Werten der logarithmischen Volumengleichung (1) höchstens 3 % und bei den Formzahlgleichungen (3) und (7) höchstens 2 %. Betrachtet man die absoluten Werte, so ist noch deutlicher als bei den aufgerundeten Prozentwerten sowohl bei den stärkeren Durchmessern (etwa ab 51 cm) als auch bei den größeren Höhen (ab 28 m) eine systematische negative Abweichung der Volumengleichung im Vergleich zu den Probestammwerten und den Werten der Formzahlgleichung Nr. 7 festzustellen. Auch die Formzahlgleichung Nr. 3 nähert sich im stärkeren Durchmesserbereich mehr der logarithmischen Volumengleichung an. Die logarithmische Volumengleichung weist zudem eine größere Streuung der Einzelwerte um die Regression auf und liefert statt arithmetischer Mittel geometrische Mittel, wodurch ein geringer systematischer

Tabelle 2

**Zusammenstellung der wichtigsten Volumen- und Formzahlgleichungen**

| lfd. Nr. | Abhäng. Variable | – Unabhängige Variable – 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | s % | R | Bem. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | log (v) | log (d) | log (h) | | | | + 7.66<br>— 7.11 | 0.999 | |
| 2 | f | $h/d^2$ | 1/d | h/d | $\sqrt{d}$ | $(h^2/d^2)$ | ± 7.22 | 0.817 | |
| 3 | f | $h/d^2$ | 1/d | h/d | $\sqrt{d}$ | | ± 7.23 | 0.816 | (aus 2) |
| 4 | f | 1/d | (1/h) | $1/d^2$ | 1/hd | $1/hd^2$ | ± 7.23 | 0.817 | MEYER |
| 5 | f | 1/d | $1/d^2$ | 1/hd | $1/hd^2$ | | ± 7.24 | 0.816 | (aus 4) |
| 6 | f | 1/log (d) | $(1/d^2)$ | h/d | $(h/d^2)$ | $(h^2/d^2)$ | ± 7.21 | 0.817 | |
| 7 | f | 1/log (d) | h/d | | | | ± 7.23 | 0.815 | (aus 6) |
| 8 | f | $\sqrt{d}$ | | | | | ± 7.58 | 0.794 | NIEDERL. |

v = Schaftholzvolumen
f = unechte Schaftholzformzahl
d = Durchmesser in Brusthöhe
h = Höhe

s % = prozentuale Streuung der Beobachtungswerte um die Ausgleichsfunktion — bezogen auf $\bar{y}$ —
( ) = nicht gesicherte Variable
R = Korrelationskoeffizient

(aus: Die Normung holzmeßkundlicher Symbole (1959))

Tabelle 3

**Vergleich der Schaftholzformzahlen des Probestammaterials ($f_b$) mit den Formzahlen (f) der logarithmischen Volumengleichung (1) und der Formzahlgleichungen (3) und (7)**

*1. Gliederung nach Stärkeklassen*

| Stärke-klasse | d cm | h m | Stammz. | $f_b$ | f aus (7) | % Abw | f aus (1) | % Abw | f aus (3) | % Abw |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 - 10 | 8.6 | 10.1 | 122 | 0.528 | 0.528 | 100 | 0.526 | 100 | 0.528 | 100 |
| 11 - 15 | 12.6 | 13.1 | 99 | 0.494 | 0.493 | 100 | 0.494 | 100 | 0.492 | 100 |
| 16 - 20 | 17.9 | 18.9 | 33 | 0.477 | 0.470 | 99 | 0.472 | 99 | 0.472 | 99 |
| 21 - 25 | 23.2 | 23.2 | 42 | 0.457 | 0.452 | 99 | 0.453 | 99 | 0.454 | 99 |
| 26 - 30 | 27.8 | 25.1 | 44 | 0.438 | 0.439 | 100 | 0.440 | 100 | 0.440 | 100 |
| 31 - 35 | 33.8 | 29.6 | 43 | 0.428 | 0.428 | 100 | 0.428 | 100 | 0.429 | 100 |
| 36 - 40 | 37.7 | 33.1 | 68 | 0.423 | 0.423 | 100 | 0.421 | 100 | 0.424 | 100 |
| 41 - 50 | 44.2 | 35.5 | 65 | 0.406 | 0.412 | 101 | 0.410 | 101 | 0.412 | 101 |
| 51 - 60 | 55.7 | 37.8 | 30 | 0.404 | 0.397 | 98 | 0.392 | 97 | 0.394 | 98 |
| üb. 60 | 63.7 | 36.7 | 6 | 0.390 | 0.388 | 99 | 0.380 | 97 | 0.382 | 98 |

*2. Gliederung nach Höhenklassen*

| Höhen-klasse | d cm | h m | Stammz. | $f_b$ | f aus (7) | % Abw | f aus (1) | % Abw | f aus (3) | % Abw |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 - 12 | 9.7 | 10.1 | 154 | 0.515 | 0.512 | 99 | 0.511 | 99 | 0.512 | 99 |
| 13 - 17 | 12.7 | 14.4 | 77 | 0.502 | 0.496 | 99 | 0.496 | 99 | 0.496 | 99 |
| 18 - 22 | 20.9 | 21.0 | 34 | 0.467 | 0.459 | 98 | 0.461 | 99 | 0.460 | 99 |
| 23 - 27 | 27.7 | 25.0 | 90 | 0.440 | 0.439 | 100 | 0.440 | 100 | 0.440 | 100 |
| 28 - 32 | 38.8 | 30.1 | 69 | 0.419 | 0.417 | 100 | 0.416 | 99 | 0.417 | 100 |
| 33 - 37 | 39.5 | 35.0 | 76 | 0.421 | 0.421 | 100 | 0.419 | 100 | 0.422 | 100 |
| 38 - 42 | 51.3 | 39.8 | 52 | 0.405 | 0.405 | 100 | 0.401 | 99 | 0.403 | 100 |

negativer Fehler entsteht, der sich allerdings erst in den stärkeren Durchmesserklassen auswirkt. Die Ausgleichsfunktionen Nr. 3 und 5 haben schließlich bei einer größeren Anzahl von unabhängigen Variablen keine geringere Streuung als die Gleichung Nr. 7.

Für die weiteren Berechnungen wurde die Formzahlgleichung Nr. 7 gewählt, da hier bei einer minimalen Abweichung der Beobachtungswerte von der Regression nur zwei unabhängige Variable zur Bestimmung der Formzahl notwendig sind:

$f = 0{,}10798 + 0{,}71858/\log(d) + 0{,}04065\ h/d$ (d in mm; h in dm).

Die Schaftholzformzahl ist abhängig von dem reziproken Wert des Logarithmus von d und vom Quotienten h/d, also dem Schlankheitsgrad.

Die aus der Ausgleichsfunktion Nr. 7 errechnete Formzahltafel ließ die Abhängigkeit der Schaftholzformzahlen von der Höhe gut erkennen. Der ansteigende Formzahlverlauf mit Zunahme der Höhe bei gleichstarken Stämmen stimmt mit den Beobachtungen von HAUSSER (1956) und HUMMEL (1951) gut überein. Andererseits stellt HENGST (1956) bei der Schaftholzformzahl der Douglasie einen Anstieg nur im unteren Durchmesserbereich fest; ab d = 28 cm wirkt sich der Einfluß der Höhe nicht mehr aus. Die Derbholzformzahlen nehmen hier ab d = 29 cm mit zunehmender Höhe sogar erheblich ab. Diese Ergebnisse scheinen jedoch nicht gesichert, da das Grundlagenmaterial für die Anwendung der graphischen Ausgleichsmethode in den stärkeren Durchmesserklassen zu gering ist. Von insgesamt 400 Stämmen fallen in die Durchmesserstufen über 26 cm nur 38 Stämme, deren Formzahlen noch dazu bei einer Variationsbreite zwischen 0,350 und 0,540 eine ganz erhebliche Streuung aufweisen.

### 3.2 *Homogenitätsprüfungen*

Bei den Formzahl- bzw. Volumenuntersuchungen an verschiedenen Baumarten ist in vielen Fällen die Frage geprüft worden, inwieweit unterschiedliche Durchforstungseingriffe, Wuchsgebiete oder Altersklassen sich auf die Ausformung des Stammes auswirken. Da der Schaftreisholzanteil etwa ab 25 cm Brusthöhendurchmesser bei den Nadelbaumarten unter 1 % des Schaftholzvolumens sinkt, können die Veröffentlichungen über Schaftholz- und Derbholzformzahlen gleichermaßen herangezogen werden.

Was den Einfluß der Durchforstungen anbetrifft, so stellte WIEDEMANN (1936) für die Fichte fest, daß bei Stämmen gleicher Durchmesser und Höhen keine eindeutigen Formzahlunterschiede zwischen mäßiger und starker Durchforstung bestehen. Ähnliche Ergebnisse veröffentlichte MITSCHERLICH (1942), der nach Auswertung zahlreicher Untersuchungen an verschiedenen Baumarten zu dem Schluß kommt, daß — im Gegensatz zur Lichtung — die verschiedenen Grade der Niederdurchforstung auf die Formzahl gleich dimensionierter Einzelstämme einen recht geringen Einfluß ausüben.

SCHOBER (1935) fand hingegen in Kiefernversuchsflächen eine mäßige Formzahlzunahme bei der starken Durchforstung für Stämme gleicher Durchmesserstufen.

Auch bezüglich der Frage, inwieweit Abweichungen der Formzahlen in verschiedenen Wuchsgebieten auftreten, gehen die Ansichten auseinander. Während z. B. MITSCHERLICH (1942) für die Baumarten Kiefer (Ostpreußen/Westdeutschland) und Fichte (Thüringer Wald/Harz) Unterschiede feststellte, berichtet POLLANSCHÜTZ (1965) in seinen mathematisch-statistischen Untersuchungen über die Formzahl- und Massenbestimmung stehender Bäume, daß die Stichproben (je 100 Fichtenprobestämme) aus 7 ganz verschiedenen Wuchsgebieten Österreichs nur sehr geringe systematische Abweichungen aufweisen. Nur in einem Wuchsgebiet sind die Formzahlen im Durchschnitt etwa um 1 % höher als die aus einer gemeinsamen Funktion für alle 8 Areale errechneten.

Der Einfluß des Alters ist in mehreren nach Altersklassen getrennt berechneten Massentafeln berücksichtigt, wie dies z. B. in den Derbholzmassentafeln für Fichte und Kiefer bei GRUNDNER-SCHWAPPACH (1952), aber auch in der mathematisch-statistisch berechneten Fichtenmassentafel für den Vogelsberg von SCHMITT-SCHNEIDER (1959) der Fall ist. KENNEL (1965) stellte hingegen bei seinen Formzahluntersuchungen an der Fichte fest, daß das Alter als Einflußfaktor vernachlässigt werden kann.

Wie aus den angeführten unterschiedlichen Untersuchungsergebnissen an mehreren Baumarten hervorgeht, ist eine Klärung der Frage unerläßlich, inwieweit das Grundlagenmaterial von 552 Douglasien-Probestämmen als homogen anzusehen ist. Es ist also zu prüfen, ob bei einer Differenzierung der Probestämme in verschiedene Durchforstungsgrade, Wuchsgebiete, Altersklassen oder Stärkeklassen die für das Gesamtmaterial getestete Schaftholzformzahl-Funktion Nr. 7 noch Anwendung finden kann oder ob signifikante Unterschiede zwischen den separat berechneten Regressionen des genannten Funktionstypes auftreten und somit die Berechnung getrennter Tafeln für Formzahlen und Volumina erforderlich ist.

SCHMITT und SCHNEIDER (1959) berechneten zur Prüfung der Unterschiede zwischen den einzelnen Stärkeklassen und Altersklassen die Signifikanz der Differenzen der Regressionskoeffizienten mit Hilfe des „Repräsentationsfehlers".

Da die möglichen Abweichungen der Regressionskonstanten in die Berechnungen nicht mit einbezogen wurden, konnte so nur eine Aussage über die Parallelität nicht aber über den Abstand der Regressionsebenen gemacht werden. Die Regressionsgleichungen der zu untersuchenden Untergruppen können sich jedoch bei Anwendung desselben Funktionstypes einmal im Verlauf der Regressionsflächen (Steigung) und zum anderen in dem Abstand dieser Ausgleichsflächen zu den X-Achsen (Niveau) unterscheiden; schließlich können noch gesicherte Unterschiede in der Streuung der beobachteten Einzelwerte um die Funktionswerte auftreten. Als elegante Berechnungsmethode bietet sich die Kovarianzanalyse

an, mit der nacheinander getestet werden kann, ob die Steigungen der Ausgleichsflächen übereinstimmen und ob die Regressionskonstanten sich wesentlich unterscheiden. Die notwendigen umfangreichen Rechenarbeiten (einschließlich Linearitätsprüfung) wären allerdings ohne die Benutzung elektronischer Rechenanlagen kaum zu bewältigen.

Als Voraussetzung für die Anwendung der Kovarianzanalyse ist die Linearität der zu testenden multiplen Regression zu prüfen. Nach SNEDECOR (1957) kann man sich über die Linearität der Regression überschläglich informieren, indem man die Differenzen zwischen den beobachteten abhängigen Variablen und den zugehörigen Regressionswerten über den unabhängigen Variablen aufträgt. Bei vorhandener Linearität entstehen beim graphischen Ausgleich gerade Linien, die ungefähr horizontal verlaufen. Dieser graphische Linearitätstest wurde mit den Werten der Tabelle 3 durchgeführt. Es konnte keine wesentliche einseitige Krümmung der Ausgleichslinie festgestellt werden.

Da wegen der geringen Anzahl der Wertpaare jedoch eine einwandfreie Aussage nicht möglich war, wurde die Linearität der multiplen Regressionsgleichung Nr. 7 noch zusätzlich durch eine Varianzanalyse getestet.

Die Prüfung besteht nach WEBER (1967) darin, die Summe der Quadrate der Abweichungen der Mittel der Beobachtungswerte (Spaltenmittel) von den entsprechenden Regressionswerten S ni $(\bar{y}i - Yi)^2$ mit der Quadratsumme der Abweichungen der einzelnen Beobachtungswerte von den jeweiligen Spaltenmitteln S $(yik - \bar{y}\,i)^2$ zu vergleichen.

Die F-Werte der Varianzanalysen für die unabhängigen Variablen X1 und X2 wurden berechnet: In beiden Fällen konnte keine Signifikanz nachgewiesen werden, so daß die Annahme der Linearität bestätigt wurde.

Zunächst soll nun am Beispiel der beiden Durchforstungsgrade das Verfahren der Kovarianzanalyse kurz beschrieben werden. Die Methodik der Berechnung wurde hierbei aus dem von FREESE (1964) beschriebenen Verfahren für Regressionsgeraden weiter entwickelt. Als Teilstichproben wurden 101 Probestämme aus Versuchsflächen mit mäßiger Niederdurchforstung und 109 Probestämme aus Versuchsflächen mit starker Niederdurchforstung ausgewählt. Der Umfang der Stichproben kann als ausreichend groß angesehen werden. Es ist zu berücksichtigen, daß nur Stämme aus über 45jährigen Beständen in die Berechnung einbezogen wurden, da sich die unterschiedlichen Durchforstungseingriffe erst ab einem mittleren Bestandesalter auf die Schaftform auswirken dürften. Für jede der beiden Teilstichproben (fm; fst) und für die Summe von 210 Stämmen (fsa) wurden unter Verwendung des Funktionstypes Nr. 7 die Regressionskoeffizienten und Regressionskonstanten sowie die übrigen erforderlichen statistischen Kenngrößen berechnet.

Die folgende Zusammenstellung bringt die berechneten Regressionsgleichungen:

$$fm = 0{,}139325 + 0{,}641765/\log(d) + 0{,}032777\ h/d$$
$$fst = 0{,}297152 + 0{,}035429/\log(d) + 0{,}126791\ h/d$$
$$fsa = 0{,}187391 + 0{,}466034/\log(d) + 0{,}059287\ h/d$$

Die Analyse der Regressionsgleichungen läßt erkennen, daß bei der starken Niederdurchforstung der Quotient h/d, also der Schlankheitsgrad, einen stärkeren Einfluß auf die Formzahl ausübt, als dies bei der mäßigen Niederdurchforstung der Fall ist. Hier ist der Einfluß der unabhängigen Variablen 1/log (d) größer. Aus Vergleichsberechnungen für mittlere Durchmesser (30 - 60 cm) und mittlere Höhen (30 - 40 m) konnten bei gleichen Eingangsgrößen um etwa 1 % höhere Formzahlwerte bei der starken Niederdurchforstung im Vergleich zur mäßigen Niederdurchforstung festgestellt werden; bei gleichem Durchmesser steigt die Überlegenheit mit zunehmender Höhe. Dies würde bedeuten, daß bei der starken Durchforstung Stämme mit relativ hohem Schlankheitsgrad vollholziger sind, also einen größeren Kreisflächenzuwachs in den oberen Schaftteilen aufweisen, als dies bei gleich dimensionierten Stämmen aus mäßig durchforsteten Beständen der Fall ist. Inwieweit diese Unterschiede als statistisch gesichert angesehen werden können, soll nun die Kovarianzanalyse zeigen.

Als Voraussetzung für die Durchführung der Kovarianzanalyse war zunächst zu prüfen, ob die beiden Teilstichproben aus einer Grundgesamtheit mit gemeinsamer Varianz stammen. Die mittleren quadratischen Abweichungen von der Regression (VA = S $(yi - Y)^2$/FG) unterscheiden sich nur wenig (mäß. Ndf.: 0,00100; st. Ndf.: 0,00124). Der F-Test ergibt einen F-Wert von 1,24 n.s. Die Hypothese einer gemeinsamen Varianz kann folglich als zutreffend unterstellt werden.

Nunmehr ist die Annahme, daß die Steigungen der Regressionsflächen sich nicht signifikant unterscheiden (Parallelität), zu prüfen (Tabelle 4). Hierzu wurden die Summen der Abweichungsquadrate und -produkte der beiden Teilstichproben (1) und (2) addiert; aus den gefundenen Werten mußte eine gemeinsame Regression (5) berechnet werden, deren Steigung einen gewogenen Durchschnitt der Steigungen der beiden Teilstichproben unter Ausschaltung des Einflusses der Regressionskonstanten darstellt. Die Varianz dieser Regression (5) gibt die Zufallsabweichungen der Regressionskoeffizienten an, nachdem diese auf eine gemeinsame Basis bezogen worden sind. Würden die beiden Regressionsflächen der Durchforstungsfunktionen nicht annähernd parallel verlaufen, müßte das Abweichungsquadrat der beobachteten Einzelwerte von den errechneten Funktionswerten der ausgeglichenen gemeinsamen Regression (5) wesentlich größer sein als die Summe der Abweichungsquadrate der beiden Stichproben (3), da letztere ein Minimum darstellt. Die Differenz zwischen den Werten der gemeinsamen Regression (5) und der Stichprobensumme (3) = Nr. (4) ist ein Maß für die Differenz zwischen den Regressionskoeffizienten der beiden Stichproben. Die hieraus abgeleitete Varianz (4) wird mit der gepoolten Varianz (3) verglichen. Der F-Test ergibt: F = 0,00115/0,00112 = 1,027 n.s. Die Nullhypothese ist nicht zu verwerfen. Es bestehen also keine signifikanten Unterschiede zwischen den Steigungen der Regressionsebenen (Regressionskoeffizienten).

Die beiden Annahmen über gemeinsame Varianz und Parallelität sind erfüllt. Nun ist zu testen, ob für die Regressionsebenen der beiden Teilstichproben der gleiche Abstand zu den X-Achsen angenommen werden kann. Hier ist die Differenz zwischen den Abweichungsquadraten des Gesamtmaterials (7) und der gemeinsamen Regression (5) = Nr. (6) ein Maß für die Stichprobendifferenz bezüglich des Niveaus der Ausgleichsflächen. Der F-Wert der Varianzen beträgt: 0,00111/0,00112 = 0,991 n.s.

Tabelle 4

| lfd. Nr. | | FG | (SQ) Abw. d. beob. Werte v. d. Regr. | Varianzen (MQ) |
|---|---|---|---|---|
| (1) | mäß. Niederdurchforstung | 98 | 0.09809 | |
| (2) | st. Niederdurchforstung | 106 | 0.13116 | |
| (3) | gepoolte Varianzen | 204 | 0.22925 | 0.00112 F = 1.027 |
| (4) | Steigung (Regr. Koeff.) | 2 | 0.00230 | 0.00115 (n.s.) |
| (5) | gemeinsame Regression | 206 | 0.23155 | 0.00112 F = 0.991 |
| (6) | Abstand (Regr. Konst.) | 1 | 0.00111 | 0.00111 (n.s.) |
| (7) | Gesamtstreuung | 207 | 0.23266 | |

Mit Hilfe der Kovarianzanalyse kann also nachgewiesen werden, daß die erwähnte geringe Differenz zwischen den Regressionsgleichungen der mäßigen und der starken Niederdurchforstung nicht signifikant ist. Ein gesicherter Einfluß der Durchforstungen auf die Schaftform von Douglasienstämmen kann somit im vorliegenden Falle nicht festgestellt werden. Man kann davon ausgehen, daß die Stämme der verschieden durchforsteten Versuchsflächen aus einer gemeinsamen Grundgesamtheit stammen und folglich zu einer einheitlichen Formzahl- bzw. Massentafel zusammengefaßt werden können.

Das gleiche Verfahren der Kovarianzanalyse wird nun auf die Fragestellung angewandt, inwieweit mit gesicherten Unterschieden zwischen verschiedenen Altersklassen zu rechnen ist. Da für die 74 Niederländischen Probestämme keine Altersangaben vorlagen, wurden die übrigen insgesamt 478 Probestämme in drei Altersklassen aufgeteilt. Es fielen 236 Stämme in die Altersklasse I (20 - 39 Jahre), 96 Stämme in die Altersklasse II (40 - 69 Jahre) und 146 Stämme in die Altersklasse III (ab 70 Jahre).

Die Kovarianzanalyse erbrachte folgende Ergebnisse: F 1 = 0,314 n. s. / F 2 = 0,855 n. s.

Die Regressionen der drei Altersklassen weisen also ebenfalls keine statistisch gesicherten Unterschiede auf. Die Abweichungen sind als zufällig anzusehen. Eine Aufgliederung des Untersuchungsmaterials nach Altersklassen und die Berechnung getrennter Formzahl- bzw. Massentafeln ist demnach nicht erforderlich.

Nun soll untersucht werden, ob die Regressionsgleichung Nr. 7 für alle Durchmesserbereiche Gültigkeit hat. Hierzu wurde das gesamte Probestammaterial in 3 Stärkeklassen aufgeteilt, wobei darauf geachtet werden mußte, daß keine allzu großen Unterschiede im Umfang der Teilstichproben auftreten. Es wurden folgende Stärkeklassen gebildet:

I ( 6 - 19 cm d) mit 250 Stämmen
II (20 - 39 cm d) mit 192 Stämmen
III ( ab 40 cm d) mit 110 Stämmen.

Die getrennten Berechnungen für die drei Stärkeklassen geben gleichzeitig einen interessanten Aufschluß über die Abweichungen der Beobachtungswerte von den Funktionswerten in den verschiedenen Durchmesserbereichen. Wie aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich ist, sind die Unterschiede der Varianzen sehr gering, sie liegen im Zufallsbereich (Bartlett-Test: P ~ 4 %). Die prozentuale Streuung ist bei den stärkeren Durchmessern deshalb größer, weil hier die mittlere Formzahl als Bezugsgröße einen geringeren Wert annimmt.

| Durchmesserbereich | VA | s % |
|---|---|---|
| 6 - 19 cm | 0,00126 | 6,99 |
| 20 - 39 cm | 0,00090 | 6,87 |
| 40 - 67 cm | 0,00121 | 8,60 |

Die Kovarianzanalyse für die Stärkeklassen läßt ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Regressionen erkennen (F 1 = 0,407 n. s. / F 2 = 0,616 n. s.).

Es ist somit eine gute Anpassung der Ausgangsfunktion in allen Durchmesserbereichen festzustellen, was nicht zuletzt durch die sehr geringen Unterschiede der Streuungen bestätigt wird.

Nachdem bei der Anwendung der Kovarianzanalyse für unterschiedliche Durchmesserbereiche ebensowenig signifikante Unterschiede zwischen den Teilstichproben festgestellt werden konnten wie für die Durchforstungsgrade und Altersklassen, ist zum Abschluß noch die Stratifizierung des Materials nach Wuchsgebieten durchzuführen. Es wurden die drei Hauptwuchsgebiete Harz, Eifel und Niederlande ausgewählt und Teilstichproben mit etwa gleich großen Stammzahlen gebildet. Die nicht mit einbezogenen Probestämme stammen zum größten Teil aus verschiedenen Landschaften Niedersachsens (Solling, Nordwestdeutsche Küstengebiete usw.) und konnten in der Untersuchung nicht mit ausgewertet werden, da aus den einzelnen Gebieten jeweils nur geringe Stammzahlen vorlagen.

Außerdem wurden die Probestämme aus jungen Beständen unter 30 Jahren nicht mit erfaßt, um vergleichbare Teilstichproben zu erhalten. Die drei untersuchten Wuchsgebiete stellen, sowohl was die örtliche Lage als auch was die klimatischen Verhältnisse anbetrifft, innerhalb des Gesamtmaterials Extreme dar: So weist z. B. der Harz die niedrigsten Temperaturen in der Vegetationszeit auf, während starker Windeinfluß und ein mildfeuchtes Klima für die Niederlande kennzeichnend sind. Da die Versuchsflächen, aus denen die übrigen Probestämme entnommen wurden, in klimatischer Hinsicht zwischen den genannten Flächen liegen, dürfte eine Beschränkung der Untersuchungen auf Harz, Eifel und die Niederlande zu brauchbaren Ergebnissen führen.

Die Regressionsgleichungen wurden wie folgt errechnet:

| | |
|---|---|
| Harz | f = 0,15210 + 0,53250/log (d) + 0,07038 h/d |
| Eifel | f = 0,35964 + 0,04230/log (d) + 0,04260 h/d |
| Niederlande | f = 0,07932 + 0,79986/log (d) + 0,03786 h/d |
| Sa | f = 0,12191 + 0,67214/log (d) + 0,04371 h/d |

Die Regressionen für die Wuchsgebiete Harz und Niederlande unterscheiden sich nur relativ wenig, während die Abweichung der Funktion für die Eifel größer ist. Hier liegt jedoch ein eindeutiger Einfluß der stärkeren Durchmesser der Eifel-Stämme vor, der durch die Kovarianzanalyse bereinigt wird.

Es können keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Das Ergebnis lautet: F 1 = 1,064 n. s. / F 2 = 1,118 n. s. Beide F-Werte liegen jedoch bei den Wuchsgebieten über den Vergleichswerten aus den Kovarianzanalysen für die Durchforstungsgrade, Altersklassen und Stärkeklassen. Dies deutet darauf hin, daß der Frage des Einflusses von Wuchsgebieten bei der mathematisch-statistischen Aufstellung von Formzahl- bzw. Massentafeln ein größeres Gewicht beigemessen werden sollte, insbesondere wenn das Grundlagenmaterial aus Gegenden mit stärker abweichenden klimatischen Verhältnissen stammt. Es wäre in diesem Zusammenhang von Interesse, Douglasien-Probestämme aus Süddeutschland mit den Stämmen aus nordwestdeutschen Gebieten zu vergleichen. Für die vorliegende Untersuchung ist jedenfalls nachgewiesen, daß die Schaftholzwerte aus den Niederlanden mit dem nordwestdeutschen Grundlagenmaterial zu einer Formzahl- und Massentafel zusammengefaßt werden können. Allerdings sollte die Anwendung der Tafel vorerst auf die atlantisch beeinflußten Gebiete und Gebirgsgegenden Nord- und Westdeutschlands beschränkt bleiben, bis eindeutig geklärt ist, ob in Süddeutschland vergleichbare Formverhältnisse vorliegen.

Weiterhin ist zu beachten, daß das untersuchte Probestammmaterial nur aus Beständen mit guten und mittleren Höhenbonitäten stammt. Stämme gleicher Stärke- und Höhenstufen aus Beständen geringerer Bonitäten sind älter und lassen damit vollholzigere Schaftformen erwarten. Die Anwendung der Formzahl- und Massentafel könnte deshalb für sehr schlechtwüchsige Douglasienbestände zu geringe Werte liefern.

In Tabelle 5 (siehe Beilage) sind die aus den Formzahlen errechneten Schaftholzmassen zusammengestellt. Die Schaftholzmassentafel umfaßt einen Durchmesserbereich von 5 cm bis 70 cm Brusthöhendurchmesser, wobei die Werte für die Durchmesser 5 cm und 68 bis 70 cm extrapoliert sind. Ebenfalls sind in fast allen Durchmesserbereichen vorsichtige Extrapolationen für die unteren und oberen Höhenstufen vorgenommen worden. Hierbei wurde darauf geachtet, daß die äußersten extrapolierten Formzahlen in der Regel höchstens um ± 2 % von den letzten gesicherten Formzahlen abweichen. Die Tabellenwerte sind auf drei Stellen hinter dem Komma berechnet.

In Mitteleuropa sind bis jetzt für die Baumart Douglasie nur die Schaftholzberechnungen der Niederländischen Forstlichen

Versuchsanstalt (1950, 1957) und die graphisch ermittelten Werte für Sachsen von HENGST (1956) veröffentlicht. Auf die Mängel wurde in Abschnitt 2. bereits hingewiesen. Vergleichsberechnungen für die verschiedenen Formzahl- bzw. Massentafeln sollen deshalb erst in Abschnitt 4. für das Derbholz durchgeführt werden.

## 4. Schaftreisholz- und Derbholzuntersuchungen

### 4.1 *Allgemeines*

Für die Beziehungen zwischen dem Derbholz und den beiden Eingangsgrößen Brusthöhendurchmesser und Höhe ist es noch nicht gelungen, eine geeignete mathematische Ausgleichsfunktion zu finden. Zwar haben unter anderem SCHUMACHER und DOS SANTOS HALL (1933) und EMROVIC (1960) nach der Methode der kleinsten Quadrate multiple Regressionen berechnet, doch können die entwickelten Funktionen nur für stärkere Durchmesser — ab ca. 15 cm — Anwendung finden, da der unregelmäßige Verlauf der Derbholzformzahlkurve (steiler Anstieg im unteren Durchmesserbereich bis zum Maximum bei etwa 12 - 15 cm und anschließender langsamer Abfall) durch einen analytischen Ausdruck nicht genügend genau erfaßt werden kann.

SCHMITT u. SCHNEIDER (1959) versuchten nun auf dem Umweg über das Schaftreisholz eine Berechnung der Derbholzwerte zu erreichen. Sie wählten hierbei die Methode des graphischen Ausgleichs.

### 4.2 *Schaftreisholzuntersuchungen*

Für die vorliegende Arbeit war nun zunächst zu untersuchen, ob für die Douglasienprobestämme eine brauchbare Ausgleichsfunktion zur Erfassung der Abhängigkeit des Schaftreisholzvolumens (vr) bzw. der Schaftreisholzformzahl (fr) von Höhe und Durchmesser gefunden werden kann. Die zunächst über dem Durchmesser aufgezeichneten Formzahlwerte (fr) zeigten nach graphischem Ausgleich einen regelmäßigen Verlauf, was darauf hindeutet, daß die Ausgleichskurve mit Hilfe einer nicht allzu komplizierten Anpassungsfunktion zu bestimmen sein müßte. Nach graphischer Darstellung über d auf doppelt logarithmischem Papier verlief die Punktwolke nahezu in einer Geraden, so daß zunächst die einfache Beziehung: log (fr) = log (d) (1) für die Werte der Brusthöhendurchmesser von 7 bis 34 cm berechnet wurde. Da die Formzahlen (fr) etwa ab 35 cm d auf Werte unter 0,002 sinken und somit unter 1 % der Schaftholzformzahl (f) fallen, wurde dieser Durchmesserbereich nicht in die Berechnung mit einbezogen. Schließlich ist der größte Teil der Schaftholzvolumina über 34 cm d aus den Derbholzvolumina durch Addition von 0,0043 Vfm (s. Abschnitt 2.) berechnet worden, so daß ab Durchmesser 35 cm die Derbholzmassen jetzt durch ein einfaches Subtraktionsverfahren aus der Schaftholzmassentafel ermittelt werden konnten. Tabelle s. Beilage.

Als nächster Schritt war zu testen, ob die Höhe einen gesicherten Einfluß auf die Schaftreisholzformzahl bzw. das Schaftreisholzvolumen ausübt oder ob diese zweite Eingangsgröße vernachlässigt werden kann. Die in einer späteren Untersuchung von SCHMITT (1966) verwandte allometrische Gleichung (2) für die Schaftreisholzberechnung hatte zwar eine geringere Streuung, gleichzeitig lag aber der Korrelationskoeffizient erheblich niedriger.

Daher wurden etwa 40 Testfunktionen mit bis zu 5 unabhängigen Variablen durchgerechnet, um auf diese Art die geeignetste Funktion zu finden. In Tabelle 7 sind die beiden genannten Regressionen (1), (2) und die beste der geprüften Ausgleichsfunktionen (3) zusammengestellt. Alle unabhängigen Variablen der Gleichung Nr. 3 sind statistisch gesichert. Der Einfluß der Höhe auf die Schaftreisholzformzahl darf demnach nicht vernachlässigt werden.

Zur weiteren Berechnung wurde die logarithmische Formzahl-Funktion (3) mit drei unabhängigen Variablen gewählt. Die Vorzüge dieser Ausgleichsfunktion bestehen in einem hohen Korrelationskoeffizienten und einer relativ niedrigen Standardabweichung im Vergleich zu allen übrigen Testfunktionen. Schließlich ist die Verwendung einer Formzahlfunktion gegenüber einer Volumenfunktion günstiger, da hier ein unmittelbares Abhängigkeitsverhältnis zwischen den Eingangsgrößen und dem Reduktionsfaktor besteht. Außerdem ist auch bei den Schaftholzberechnungen eine Formzahlfunktion zugrunde gelegt worden, so daß auf diese Weise die Derbholzformzahltafel unmittelbar aus der Differenz der Schaftholzformzahlen (f) und Schaftreisholzformzahlen (fr) hergeleitet werden kann.

Tabelle 7

**Schaftreisholzfunktionen in Abhängigkeit von Durchmesser und Höhe**

| lfd. Nr. | abhängige Variable | — unabhängige Variable — 1 | 2 | 3 | R | s % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | log (fr) | log (d) | | | 0.990 | +22.9 |
| (2) | log (vr) | log (d) | log (h) | | 0.841 | +22.1 |
| (3) | log (fr) | log (d) | 1/log (h) | 1/(log(d) x log(h)) | 0.992 | +21.0 —17.3 |

fr = Schaftreisholzformzahl (f - $f_7$)
vr = Schaftreisholzvolumen (v - $v_7$)
s % = Prozentuale Abweichung der Beobachtungswerte von der Funktion

Die tabellierten Formzahlwerte (fr) aus der Schaftreisholzfunktion (3) nehmen in den unteren Durchmesserbereichen mit steigender Baumhöhe ab. Der Anteil des Schaftreisholzes am Bezugszylinder wird also mit zunehmender Höhe geringer, während der Derbholzanteil und auch — in geringerem Maße — der Schaftholzanteil größer werden. Es ist aus dieser Gesetzmäßigkeit, die auch mit anderen Untersuchungen — z. B. SCHMITT u. SCHNEIDER (1959) und HENGST (1956) — übereinstimmt, zu ersehen, daß mit zunehmender Baumhöhe und bei konstantem Brusthöhendurchmesser in den niedrigen Durchmesserbereichen zunächst eine Zunahme des Kreisflächenzuwachses im unteren Stammteil stattfindet. Die Schaftreisholzformzahl sinkt mit zunehmendem Durchmesser erwartungsgemäß sehr stark ab, wobei gleichzeitig der Höheneinfluß immer geringer wird. Schon bei einem Durchmesser von 16 cm beträgt die Formzahl mit 0,017 nur noch etwa $^1/_{20}$ des für den Durchmesser von 7 cm (Höhe = 10 m) berechneten Wertes; außerdem ist hier keine Abhängigkeit von der Höhe mehr festzustellen.

Die Abweichung der Beobachtungswerte von der Ausgleichsfunktion ist bei den Schaftreisholzformzahlen erheblich größer als bei den Schaftholzformzahlen. Der Hauptgrund dürfte hier in der ungenauen Sektionsaufnahme, insbesondere in den relativ großen Auf- und Abrundungsfehlern der Durchmessermessungen liegen. Die prozentualen Fehler steigen mit der Abnahme des Bezugswertes (hier: Schaftreisholzformzahl) sehr stark an. Für den Bereich zwischen 7 cm und 19 cm Durchmesser muß für die Derbholztafel im Vergleich zur Schaftholztafel eine gewisse zusätzliche Ungenauigkeit durch die Schaftreisholzberechnung angenommen werden, die aber im Bereich zwischen d = 10 cm und d = 19 cm sehr gering ist, da hier schon das Verhältnis zwischen Schaftreisholzformzahl und Derbholzformzahl stark abnimmt.

### 4.3 *Derbholzformzahltafel und -massentafel*

Die Berechnung der in Tabelle 6 (s. Beilage) abgedruckten Derbholzmassentafel wurde bereits in den vorhergehenden Abschnitten behandelt. Für den Aufbau der Tafel (Durchmesser- und Höhenbereiche, Extrapolationen) gelten die unter Abschnitt 3.3 (Schaftholz) erläuterten Aussagen sinngemäß. Es bleibt jedoch

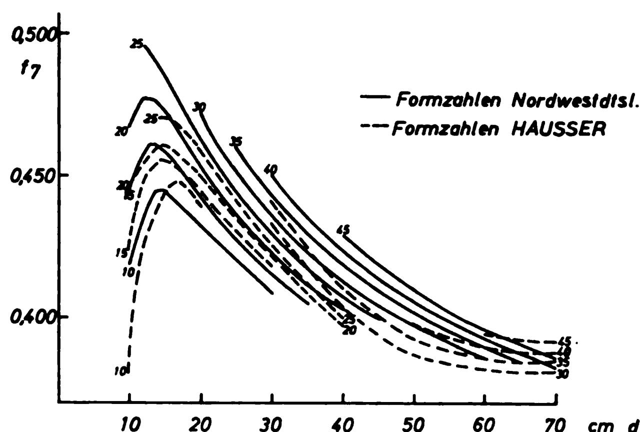



Abb. 1
Vergleich der Derbholzformzahlen ($f_7$) mit den Werten von HAUSSER für die Höhenklassen 10 m bis 45 m.

noch zu prüfen, inwieweit die Derbholzformzahlen mit den Werten der bereits veröffentlichten Tafeln übereinstimmen.

An Abb. 1 ist ein graphischer Vergleich zwischen den Formzahlwerten von HAUSSER mit den Werten aus der Tabelle 6 wiedergegeben. Es zeigen sich sehr deutlich systematische Abweichungen in den verschiedenen Durchmesserbereichen. Die Werte von HAUSSER liegen einmal in den unteren Höhenklassen (10 m, 15 m) des Durchmesserbereiches ab ca. 16 cm und zum anderen im Durchmesserbereich ab 65 cm (alle Höhen) bis zu 2 % über den Werten aus der Tabelle 6 (siehe Beilage).

In allen übrigen Durchmesser- und Höhenbereichen liegen die Werte von HAUSSER niedriger; besonders ausgeprägt zwischen den Durchmessern 40 cm und 60 cm und im Bereich um d = 10 cm.

In Tabelle 8 werden die Derbholzformzahlen ($f_7$) aus der Tabelle 6 mit den entsprechenden Werten der logarithmischen Volumengleichung und den Tafeln aus Württemberg und Sachsen verglichen. Es zeigen sich klar die systematischen negativen Abweichungen der logarithmischen Volumengleichung bis zu 3 % im Durchmesserbereich über 50 cm. Die prozentualen Abweichungen der Württembergischen Tafel sind im Durchmesserbereich um 10 cm mit 91 % bis 95 % am stärksten; in den Durchmesserklassen: 20 cm, 30 cm, 60 cm ist die Übereinstimmung noch recht gut, während bei d = 40 cm und d = 50 cm negative Abweichungen bis zu 3 % auftreten und im Bereich um d = 70 cm die Werte um etwa 1 % bis 2 % höher liegen. Die Werte der Tafel von HENGST weisen Abweichungen bis zu — 6 % und + 18 % auf. Diese Abweichungen beruhen vor allem auf dem sehr unterschiedlichen Verlauf der Formzahlen gegebener Durchmesser mit Änderung der Baumhöhe, worauf bereits hingewiesen wurde.

Es kann zusammenfassend festgestellt werden, daß die neu berechnete Massentafel für Nordwestdeutschland noch am besten mit der Württembergischen Tafel übereinstimmt, wobei die Werte aus Süddeutschland jedoch meist systematisch unter den nordwestdeutschen Formzahlen liegen. Die positive Abweichung ab d = 65 cm dürfte durch die Unsicherheit der Extrapolation der graphischen Ausgleichskurven zu erklären sein, worauf HAUSSER in seiner Veröffentlichung hinweist.

## 5. Zusammenfassung

Die bis jetzt veröffentlichten Formzahl- und Massentafeln für die Douglasie bedurften dringend einer Überprüfung, da die Methoden der Herleitung und die nicht immer ausreichenden Probestammunterlagen — besonders im stärkeren Durchmesserbereich — gewisse Unsicherheiten bei der Anwendung dieser Tafelwerte bedingen. Für das Gebiet der Bundesrepublik bestand außerdem noch keine Douglasien-Schaftholztafel.

Tabelle 8

**Vergleich der Derbholzformzahlen mit anderen Tafelwerten aus Deutschland**

| | | $f_7$ aus Tabelle 6 | $f_7$ aus log Vol.GL. | | (Württembg.) HAUSSER | | (Sachsen) HENGST | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d cm | h m | $f_7$ = 100 % | $f_7$ | % von Tab. 6 | $f_7$ | % von Tab. 6 | $f_7$ | % von Tab. 6 |
| 10 | 10 | 419 | 420 | 100 | 380 | 91 | 404 | 96 |
| | 15 | 445 | 442 | 99 | 424 | 95 | 523 | 118 |
| | 20 | 468 | 465 | 99 | 446 | 95 | — | — |
| 20 | 15 | 443 | 444 | 100 | 444 | 100 | 426 | 96 |
| | 20 | 453 | 454 | 100 | 450 | 99 | 474 | 105 |
| | 25 | 463 | 464 | 100 | 459 | 99 | 519 | 112 |
| 30 | 15 | 416 | 412 | 99 | 418 | 100 | — | — |
| | 20 | 423 | 422 | 100 | 421 | 100 | — | — |
| | 25 | 430 | 430 | 100 | 426 | 99 | 470 | 109 |
| | 30 | 436 | 437 | 100 | 433 | 99 | 460 | 106 |
| | 35 | 443 | 442 | 100 | 441 | 100 | — | — |
| 40 | 20 | 403 | 398 | 99 | 398 | 99 | — | — |
| | 25 | 408 | 406 | 100 | 400 | 98 | 442 | 108 |
| | 30 | 413 | 412 | 100 | 404 | 98 | 431 | 104 |
| | 35 | 419 | 417 | 100 | 410 | 98 | 419 | 100 |
| 50 | 25 | 394 | 387 | 98 | — | — | 429 | 109 |
| | 30 | 398 | 393 | 99 | 387 | 97 | 407 | 102 |
| | 35 | 402 | 398 | 99 | 392 | 98 | 392 | 98 |
| | 40 | 406 | 403 | 99 | 398 | 98 | — | — |
| | 45 | 410 | 406 | 99 | 405 | 99 | — | — |
| 60 | 30 | 386 | 378 | 98 | 382 | 99 | 385 | 100 |
| | 35 | 390 | 383 | 98 | 386 | 99 | 365 | 94 |
| | 40 | 393 | 387 | 98 | 390 | 99 | — | — |
| | 45 | 397 | 391 | 98 | 395 | 99 | — | — |
| 70 | 30 | 378 | 366 | 97 | 381 | 101 | — | — |
| | 35 | 381 | 371 | 97 | 385 | 101 | — | — |
| | 40 | 383 | 375 | 98 | 388 | 101 | — | — |
| | 45 | 386 | 378 | 98 | 392 | 102 | — | — |

Auf der Grundlage von 552 Probestämmen zwischen 6 cm und 67 cm Brusthöhendurchmesser wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate multiple Regressionsgleichungen abgeleitet, mit deren Hilfe die Abhängigkeit der Formzahl von mehreren aus Transformationen gewonnenen unabhängigen Variablen dargestellt werden konnte. Als geeignetste Beziehungsgleichung wurde die Funktion: $f = 0{,}10798 + 0{,}71858/\log(d) + 0{,}04065\ h/d$ (d in mm; h in dm) für die Berechnung der Schaftholzformzahlen gewählt. Der hochsignifikante Korrelationskoeffizient beträgt hier 0,815; die prozentuale Streuung der Einzelwerte um die Regression — bezogen auf $\bar{y}$ — ist mit ± 7,23 % im Vergleich zu anderen Berechnungen sehr gering.

Die Herleitung der multiplen Regressionen und die weiteren statistischen Berechnungen wurden auf der IBM 7040 der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen durchgeführt.

Nach Prüfung der Linearität wurde untersucht, inwieweit sich unterschiedliche Durchforstungsgrade, Altersklassen, Stärkeklassen und Wuchsgebiete auf die Schaftform des Einzelstammes auswirken. Mit Hilfe der Kovarianzanalyse wurden die Unterschiede zwischen den Steigungen und den Abständen der separaten Regressionsebenen auf Signifikanz getestet. Es konnten weder für die verschiedenen Durchforstungsgrade, Altersklassen und Durchmesserbereiche noch für die verschiedenen Wuchsgebiete signifikante Unterschiede zwischen den Teilstichproben festgestellt werden. Das vorliegende Probestammaterial kann also als weitgehend homogen angesehen werden. Der Berechnung von einheitlichen

Formzahl- bzw. Massentafeln standen somit keine Bedenken entgegen.

Eine mathematisch-statistische direkte Beziehung zwischen Derbholzmasse bzw. Derbholzformzahl als abhängige Variable und den beiden Eingangsgrößen Brusthöhendurchmesser und Höhe als unabhängige Variable kann wegen des unregelmäßigen Kurvenverlaufs bei Einbeziehung der Durchmesserstufen zwischen 7 cm und 15 cm d nicht abgeleitet werden. Es wurden aus diesem Grund zunächst verschiedene Anpassungsgleichungen für die Abhängigkeit des Schaftreisholzes von Höhe und Durchmesser bzw. transformierten Variablen untersucht. Am besten paßte sich die logarithmische Ausgleichsfunktion für die Schaftreisholzformzahl (fr): log (1000 fr) = 5,947 — 2,174 log (d) — 5,228 / log (h) + 11,867 / (log (d) × log (h)) — (d in mm; h in dm) — dem Grundlagenmaterial an. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,992; die Abweichung der Einzelwerte um die Regression liegt zwischen + 21 % und — 17 %. Da der Anteil des Schaftreisholzes am Schaftholz mit steigendem Brusthöhendurchmesser stark zurückgeht, wirkt sich die Streuung bei der Derbholzberechnung ab 10 cm Brusthöhendurchmesser kaum noch aus.

Die mathematische Herleitung der Derbholzformzahlen in Abhängigkeit von Durchmesser und Höhe erfolgte durch Differenzenbildung zwischen Schaftholzformzahlen und Schaftreisholzformzahlen. Ab Durchmesser 35 cm wurde eine vorher berechnete konstante Volumendifferenz von 0,0043 fm zur Umrechnung von Schaftholz in Derbholz unterstellt.

Beim Vergleich der Derbholzformzahlen mit den Tafelwerten von HENGST (1956) ergeben sich Abweichungen von — 6 % bis + 18 %, bezogen auf die neue Tafel. Besser ist die Übereinstimmung mit den Werten der Tafel von HAUSSER (1956). Die größten prozentualen Abweichungen der Württ. Formzahlen betragen etwa — 9 % im Durchmesserbereich um 10 cm und + 2 % im Durchmesserbereich um 70 cm. Die positive Abweichung im Durchmesserbereich um 70 cm bei durchweg systematischer negativer Abweichung bis zu d = 65 cm dürfte sich aus der Extrapolation bei einem für den graphischen Ausgleich zu geringen Probestammanteil mit starken Durchmessern erklären.


## Summary

Title of the paper: *The construction of new volume tables for Douglas fir in northwest Germany.*

Available form-factor and volume tables are unsatisfactory for a number of reasons and do not include stem volume tables. The form factor multiple regression was constructed from 552 trees in the range 6 - 67 cm d by least-square method, producing as best fit for the stem form factor f = 0.10798 + (0.71858 / log d) + 0.04065 h/d (d in mm; h in dm; r = 0.815; $s_y$ = ± 7.23 %).

A test of the effect of thinning grade, age and size class and growth region on the form of single stems by covariance analysis revealed no significant differences between partial samples. The population of sample trees is therefore sufficiently homogeneous for the construction of a general form-factor and volume table.

A immediate dependence of v and f on d or h could not be established due to the irregularity of the regression if d 7 to 15 was included. Consequently, the dependence of stem small wood (r) on d and h was tested and gave the best fit with log (1000 fr) = 5.947 — 2.174 log d — 5.228 / log h + 11.867 / (log d x log h), where d in mm and h in dm, r = 0.992, range of single observation between + 21 % and — 17 %. The variance contributes very little to the stem volume variance above 10 cm d because the rapid decline of small wood proportion.

Thick-wood form factors were computed as difference between stem and small-wood form factors. The volume difference is constant with 0.0043 m³ above 35 cm d.

Deviations from the tables of HENGST (1956) are — 6 % to + 18 %, from the tables of HAUSSER (1956) — 9 % (10 cm d) to + 2 % (about 70 cm d). The positive deviation about 70 cm may be due to the method of graphical extrapolation in the latter table which included too few trees of large diameter.

E. F. B.



## Resumé

Titre de l'article: *Etablissement de nouveaux de cubage pour le Douglas dans le N-W de l'Allemagne.*

Les tarifs de cubage et les tables de coefficients de forme publiés jusqu'ici devaient manifestement être révisés; leur emploi offrait en effet une certaine insécurité tenant à la fois à la méthode suivie pour les établir et au fait que l'échantillonnage n'était pas toujours suffisant, notamment pour les forts diamètres. En outre, pour l'Allemagne Fédérale il n'existait, pour le Douglas, aucun tarif donnant le volume total du fût (Schaftholz).

Le nouvel échantillonnage était composé de 552 arbres dont les diamètres à 1,30 m étaient compris entre 6 et 67 cm; les équations de régression furent établies par la méthode des moindres carrés; à partir de cettes-à on pu déduire les corrélations entre le coefficient de forme donnant le volume total du fût et plusieurs variables indépendantes transformées. Pour le calcul de ce coefficient de forme on a choisi la formule:
f = 0,10798 + 0,71858 / log (d) + 0,04065 h/d d étant exprimé en mm et h en dm.

Le coefficient de corrélation, hautement significatif, s'établit à 0,815; en pourcentage l'indice de dispersion est de ± 7,23, donc très faible comparé à ceux rencontrés dans d'autres calculs.

Les regressions multiples ont été obtenues sur l'ordinateur IBM 7040 de l'Institut de Recherches sur l'Aérodynamique de Göttingen, ordinateur également utilisé pour l'ensemble des calculs statistiques.

Après que la linéarité eut été testée, on a étudié dans quelle mesure le coefficient de forme des arbres constituant l'échantillon était influencé par les différences d'intensité d'éclaircie, les classes d'âge et les classes de grosseur et les zones de production. Par une analyse de covariance, on a étudié si les équations de regressions présentaient des différences significatives pour les pentes et les intervalles en scindant l'échantillon. Ceci n'ayant pas été le cas aussi bien pour les degrés d'intensité d'éclaircie, les classes d'âges et de grosseurs que pour les zones de production, on peut considérer que le matérial expérimental est particulièrement homogène. On peut sans hésitation calculer des tables de coefficients de forme et des tarifs de cubages uniques.

Il ne fut pas possible d'établir par les méthodes mathématiques statistiques une relation entre le volume bois fort — ou le coefficient de forme donnant le volume bois fort — en tant que variable dépendante et les deux grandeurs d'entrée dans les tables et tarifs, le diamètre à 1,30 m et la hauteur en tant que variables indépendantes; ceci est du aux irrégularités des courbes pour les classes de diamètres comprises entre 7 et 15 cm.

Dans ces conditions, on a du d'abord chercher diverses relations liant le volume de la partie du fût ayant un diamètre inférieur à 7 cm (Schaftreisholz) à la hauteur et aux diamètres ou à des transformées de ces grandeurs. La meilleure relation pour obtenir le coefficient de forme donnant le volume de la partie du fût d'un diamètre inférieur à 7 cm est une équation logarithmique:
log (1000 fr) = 5,947 — 2,174 log (d) — 5,228 / log (h) + 11,867 / log (d) x log (h)) (d en mm — h en dm).

Le coefficient de corrélation est de 0,992; le coefficient de dispersion varie de + 21 % à — 17 %; la proportion de bois du fût d'un diamètre inférieur à 7 cm par rapport au bois du fût total diminuant rapidement quand les diamètres augmentent, cette

dispersion devient à peine sensible pour le calcul du volume bois fort dès que les diamètres à 1,30 m dépassent 10 cm.

Le coefficient de forme donnant le volume bois fort s'obtient mathématiquement par différence entre le coefficient de forme donnant le volume total et celui donnant le volume de la partie du fût ayant un diamètre inférieur à 7 cm.

A partir d'un diamètre à 1,30 m de 35 cm, on peut passer du volume total au volume bois fort en déduisant un volume constant qu'un calcul préalable a montré être égal à 0,0043 $m^3$.

Les valeurs des coefficients de forme bois fort des nouvelles tables présentent par rapport à celle de HENGST (1956) des écarts de — 6 % à + 18 %. La concordance avec les tables de HAUSSER (1956) est meilleure. Les écarts les plus importants avec les coefficients de forme würtembergeois sont de l'ordre de — 9 % pour les diamètres de 10 cm et de + 2 % pour les diamètres de 70 cm. Que les écarts soient positifs pour les diamètres de 70 cm et systématiquement négatifs pour tous les diamètres jusqu'à 65 cm s'explique par le fait que l'échantillon ne comprenait pas suffisamment d'arbres de fort diamètre pour établir graphiquement la droite de régression. J. M.

### Literaturverzeichnis

BECKING, J. H.: Massatafels voor de Bepaling van de Houtmassa van Opstanden van de Douglasden (Pseudotsuga taxifolia Britt) in Nederland. Med. v. d. Landbouwhogeschool Wageningen Deel 50, Vh. 1. — Bosbouwproefstation, 1957: Inhoustabel douglas. Wageningen. — EMROVIC, B., 1960: Über die geeignetste Form der für die numerische Ausgleichung bei Aufstellung von Massentafeln notwendigen Ausgleichsfunktionen. Ann. pro exp. forestis, Vol. XIV. — FREESE, F., 1964: Linear regression methods for forest research. Madison, Wis. F. P. L. — GRUNDNER-SCHWAPPACH, 1952: Massentafeln; herausgegeben von SCHOBER, R., Berlin u. Hamburg. — HAUSSER, K., 1956: Eine Derbholzmassentafel für die grüne Douglasie. Mitt. d. Württ. Forstl. Versuchsanstalt Bd. XIII. — HENGST, E., 1958: Die Douglasie 1954, eine ertragskundliche und waldbauliche Untersuchung in den mittleren Lagen Deutschlands. Diss. Tharandt 1956 — veröffentlicht in: GÖHRE, K.: Die Douglasie und ihr Holz. Berlin. — HENNE, A., 1970: Douglasien-Anbau in Hessen. AFZ, S. 808. — HUMMEL, F. C., 1951: General Volume Tables for Douglas fir in Great Britain. Forestry Commission, Forest Record No. 15. — KENNEL, R., 1966: Die Herleitung verbesserter Formzahltafeln der Fichte. Vorträge auf der Tagung des Deutschen Verbandes Forstl. Forschungsanstalten in Gießen 1965, Bad Godesberg. — KLEINSCHMIT, J., 1970: Forstliche Produktionssteigerung, insbesondere durch Baumartenwahl und Züchtung. AFZ, S. 688. — KREMSER, W., 1969: Was, wie und wieviel soll der Wald erzeugen? FoHo, S. 165. — KREMSER, W., 1969: Gesundschrumpfen — wo, wie und wieviel? FoHo, S. 265. — LINDER, A., 1960: Statistische Methoden. Basel, Stuttgart. — MEYER, H. A., 1953: Forest Mensuration. Pennsylvania. — MITSCHERLICH, G., 1942: Untersuchungen über die Derbholzformzahl und neue Wege zu ihrer Ermittlung. MittFuF, S. 377. — POLLANSCHÜTZ, J., 1963: Eine neue Methode der Formzahl- und Massenbestimmung stehender Bäume. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Mariabrunn. — SCHMITT, R., u. SCHNEIDER, B., 1959: Die Aufstellung von Massentafeln nach der Methode der kleinsten Quadrate. Frankfurt/M. — SCHMITT, R., 1966: Die rechnerische Zusammenfassung der Daten forstlicher Versuchsflächen. In: Vorträge auf der Tagung des Dt. Verb. Forstl. Forschungsanst. in Gießen 1965. Bad Godesberg. — SCHOBER, R., 1935: Formzahl und Rinde der Kiefer. AFJZ, S. 221. — SCHUMACHER, F. X., and HALL, F., 1933: Logarithmic expression of timber-tree volume. Journ. Agr. Res. 47. — SNEDECOR, G. W., 1957: Statistical Methods applied to Experiments in Agricultur and Biology. Ames, Iowa. — SPEIDEL, G., DUMMEL, K., MAYER, R. W., und VOLLMER, U., 1969: Die Bildung von Intensitätsstufen als Mittel zur Rationalisierung der Forstbetriebe. AFZ, S. 191. — STEEL, R., and TORRIE, J., 1960: Principles and Procedures of Statistics. New York, Toronto and London. — VAN SOEST, P., AYRAL, R., SCHOBER, R., und HUMMEL, F. C., 1959: Vorschläge für die Normung holzmeßkundlicher Symbole. IUFRO. — WEBER, E., 1967: Grundriß der Biologischen Statistik. Stuttgart. — WIEDEMANN, E., 1936: Über die Vereinfachung der Höhenermittlung bei den Vorratsaufnahmen. MittFuF. S. 387.

## Notiz

### Professor Dr. Dietrich Mülder zum 65. Geburtstag

Am 25. September 1971 beging Professor Dr. DIETRICH MÜLDER seinen 65. Geburtstag. Dieser Tag ist Anlaß für seine Schüler, Mitarbeiter, Freunde und Kollegen, seine wissenschaftlichen Arbeiten zu würdigen und ihm persönlich Glück zu wünschen für die kommenden Jahre.

Nach der Reifeprüfung am Gymnasium in Stade (1925) studierte DIETRICH MÜLDER in Tübingen, Hann. Münden, München und Eberswalde und legte 1932 die Große Staatsprüfung in Berlin ab. Anschließend war er in Ostpreußen (1932 - 1935), am Regierungsforstamt Hildesheim (1935 - 1937) und als Verwalter des Forstamtes Hannover (1937) tätig, bis er von 1937 - 1940 die Aufgaben eines Rektoratsassistenten an der Forstlichen Hochschule in Eberswalde übernahm. Aus gesundheitlichen Gründen wurde DIETRICH MÜLDER vom Kriegsdienst zurückgestellt; er übernahm 1940 das Forstamt Dammendorf und gleichzeitig die Leitung einer örtlichen Inspektion sowie eines Dezernates im Regierungsforstamt Frankfurt/Oder.

Seit Kriegsende arbeitete DIETRICH MÜLDER an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen in Hann. Münden, wo er 1947 seine Promotion und 1950 die Habilitation für das Fach „Forstliche Betriebstechnik" abschloß. Seitdem hielt er Vorlesungen in Hann. Münden über forstliche Betriebsführung und Waldbau.

Ein *Fulbright-Stipendium* verwendete DIETRICH MÜLDER 1955/56 zum Studium der waldbaulichen und betriebswirtschaftlichen Probleme im gesamten Verbreitungsgebiet der fünf-nadeligen Kiefern in den USA. 1956 übernahm er einen der bedeutendsten Lehrstühle für Waldbau in den USA, an der Forstlichen Fakultät der Universität Berkeley, zunächst als Gastprofessor und ab 1958 als „Full-Professor" und Nachfolger von F. S. BAKER. Auf eigenen Wunsch wurde DIETRICH MÜLDER 1964 für zwei Jahre nach Deutschland beurlaubt, um die bereits früher begonnenen waldbaulich-ökologischen Untersuchungen im Mittelmeerraum fortzusetzen. Kurz nach der Rückkehr wurde ihm die Leitung des Klosterforstamtes Göttingen angeboten. 1966 wurde DIETRICH MÜLDER unter Beibehaltung seiner Stellung als Forstamtsleiter auf den Lehrstuhl für Forstliche Betriebswirtschaft an der Universität Göttingen berufen. 1968/69 wurde er für das Amtsjahr, das mit der Hundertjahrfeier der Forstlichen Fakultät zusammenfiel, zum Dekan gewählt.

Die fachliche Tätigkeit DIETRICH MÜLDERS ist durch drei Besonderheiten ausgezeichnet, die sich auch in seinem wissenschaftlichen Werk ausdrücken. Zum ersten ist die regionale Vielfalt seiner Tätigkeit und seiner Erfahrungen bemerkenswert, die ihn anfangs in den Kieferngebieten Ostdeutschlands und den Buchen- und Fichtengebieten Westdeutschlands und später durch die Kenntnis größerer Teile der nördlichen Hemisphäre zu vergleichenden Untersuchungen angeregt haben. Zum zweiten hat der häufige Wechsel bzw. die Verbindung zwischen praktischer und theoretischer Tätigkeit seine wissenschaftlichen Arbeiten in starkem Maße befruchtet. Nicht nur, daß er die Probleme seiner Untersuchungen aus der praktischen Arbeit bezog, sondern auch, daß er die theoretischen Ergebnisse an den pragmatischen Möglichkeiten überprüfte. Aus der engen Verbindung von praktischer und wissenschaftlichen Arbeit ergibt sich schließlich eine dritte Besonderheit in dem Werk DIETRICH MÜLDERS, das ist die außerordentliche Vielfalt seiner Arbeitsgebiete. Seine Publikationen befassen sich neben betriebswirtschaftlichen Problemen mit Fragen des Waldbaus, des Forstschutzes, der Planung, des Marketing und der Organisation. Bei allen Arbeiten geht es DIETRICH MÜLDER nicht nur um die Realisierbarkeit seiner Vorschläge, sondern um die Koordinierung der Einzelmaßnahmen mit dem gesamtbetrieblichen Geschehen.

Die Tatsache, daß er die wissenschaftlichen Probleme betont aus der Sicht des Betriebsleiters darstellt, gibt seinem Werk eine besondere Note.

Möge DIETRICH MÜLDER auch in Zukunft wie bisher die Kraft und die unerschütterliche Energie gegeben sein, die zahlreichen Probleme zu lösen, die er sich selbst gestellt hat. Möge ihm dabei auch stets die für einen „Jubilar" ganz ungewöhnliche Jugendlichkeit erhalten bleiben, die er besonders in der fachlichen Diskussion und im persönlichen Gespräch ausstrahlt.

GERHARD SPEIDEL

Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2. — Printed in Germany.

Tabelle 5

**Douglasie (1969)**

**Schaftholz - Massentafel**

| Baum-höhe (m) | Durchmesser (cm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 4 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,010 | 0,013 | - | - | - | - | - |
| 5 | 0,006 | 0,008 | 0,010 | 0,013 | 0,016 | - | - | - | - | - |
| 6 | 0,007 | 0,009 | 0,012 | 0,016 | 0,019 | 0,023 | 0,027 | 0,032 | 0,037 | |
| 7 | 0,008 | 0,011 | 0,014 | 0,018 | 0,023 | 0,027 | 0,032 | 0,038 | 0,044 | 0,050 |
| 8 | 0,009 | 0,013 | 0,017 | 0,021 | 0,026 | 0,031 | 0,037 | 0,043 | 0,050 | 0,057 |
| 9 | 0,011 | 0,015 | 0,019 | 0,024 | 0,030 | 0,036 | 0,042 | 0,049 | 0,057 | 0,065 |
| 10 | 0,012 | 0,016 | 0,021 | 0,027 | 0,033 | 0,040 | 0,047 | 0,055 | 0,064 | 0,073 |
| 11 | 0,013 | 0,018 | 0,024 | 0,030 | 0,037 | 0,044 | 0,052 | 0,061 | 0,070 | 0,080 |
| 12 | 0,015 | 0,020 | 0,026 | 0,033 | 0,040 | 0,049 | 0,058 | 0,067 | 0,077 | 0,088 |
| 13 | 0,016 | 0,022 | 0,029 | 0,036 | 0,044 | 0,053 | 0,063 | 0,073 | 0,084 | 0,096 |
| 14 | 0,018 | 0,024 | 0,031 | 0,039 | 0,048 | 0,058 | 0,068 | 0,079 | 0,091 | 0,104 |
| 15 | - | - | 0,034 | 0,042 | 0,052 | 0,062 | 0,073 | 0,086 | 0,099 | 0,112 |
| 16 | - | - | - | 0,046 | 0,056 | 0,06[illegible] | 0,079 | 0,092 | 0,106 | 0,121 |
| 17 | - | - | - | 0,049 | 0,060 | 0,072 | 0,084 | 0,098 | 0,113 | 0,129 |
| 18 | - | - | - | - | - | 0,076 | 0,090 | 0,105 | 0,120 | 0,137 |
| 19 | - | - | - | - | - | 0,081 | 0,096 | 0,111 | 0,128 | 0,146 |
| 20 | - | - | - | - | - | 0,086 | 0,101 | 0,118 | 0,136 | 0,154 |
| 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,163 |
| 22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,172 |
| 23 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,180 |
| 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,189 |
| 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,198 |

Tabelle 5

**Schaftholz - Massentafel**

| Baum-höhe (m) | Durchmesser (cm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 7 | 0,057 | 0,064 | 0,071 | 0,079 | 0,087 | - | - | - | - | - |
| 8 | 0,065 | 0,073 | 0,082 | 0,091 | 0,100 | 0,110 | - | - | - | - |
| 9 | 0,074 | 0,083 | 0,092 | 0,102 | 0,113 | 0,124 | 0,136 | - | - | - |
| 10 | 0,082 | 0,092 | 0,103 | 0,114 | 0,126 | 0,138 | 0,151 | - | - | - |
| 11 | 0,091 | 0,102 | 0,114 | 0,126 | 0,139 | 0,153 | 0,167 | 0,182 | - | - |
| 12 | 0,100 | 0,112 | 0,125 | 0,139 | 0,153 | 0,168 | 0,183 | 0,199 | 0,216 | - |
| 13 | 0,109 | 0,122 | 0,136 | 0,151 | 0,166 | 0,182 | 0,199 | 0,217 | 0,235 | 0,254 |
| 14 | 0,118 | 0,132 | 0,147 | 0,163 | 0,180 | 0,197 | 0,216 | 0,234 | 0,254 | 0,275 |
| 15 | 0,127 | 0,142 | 0,159 | 0,176 | 0,194 | 0,212 | 0,232 | 0,252 | 0,273 | 0,295 |
| 16 | 0,136 | 0,153 | 0,170 | 0,188 | 0,208 | 0,228 | 0,248 | 0,270 | 0,293 | 0,316 |
| 17 | 0,145 | 0,163 | 0,182 | 0,201 | 0,222 | 0,243 | 0,265 | 0,288 | 0,312 | 0,337 |
| 18 | 0,155 | 0,174 | 0,193 | 0,214 | 0,236 | 0,258 | 0,282 | 0,307 | 0,332 | 0,359 |
| 19 | 0,164 | 0,184 | 0,205 | 0,227 | 0,250 | 0,274 | 0,299 | 0,325 | 0,352 | 0,380 |
| 20 | 0,174 | 0,195 | 0,217 | 0,240 | 0,264 | 0,290 | 0,316 | 0,343 | 0,372 | 0,401 |
| 21 | 0,184 | 0,206 | 0,229 | 0,253 | 0,279 | 0,305 | 0,333 | 0,362 | 0,392 | 0,423 |
| 22 | 0,194 | 0,217 | 0,241 | 0,267 | 0,293 | 0,321 | 0,351 | 0,381 | 0,412 | 0,445 |
| 23 | 0,203 | 0,228 | 0,253 | 0,280 | 0,308 | 0,337 | 0,368 | 0,400 | 0,433 | 0,467 |
| 24 | 0,213 | 0,239 | 0,266 | 0,294 | 0,323 | 0,354 | 0,386 | 0,419 | 0,453 | 0,489 |
| 25 | 0,224 | 0,250 | 0,278 | 0,307 | 0,338 | 0,370 | 0,403 | 0,438 | 0,474 | 0,511 |
| 26 | - | 0,261 | 0,291 | 0,321 | 0,353 | 0,386 | 0,421 | 0,457 | 0,495 | 0,534 |
| 27 | - | 0,273 | 0,303 | 0,335 | 0,368 | 0,403 | 0,439 | 0,477 | 0,516 | 0,557 |
| 28 | - | - | - | 0,349 | 0,384 | 0,420 | 0,457 | 0,497 | 0,537 | 0,579 |
| 29 | - | - | - | 0,363 | 0,399 | 0,437 | 0,476 | 0,516 | 0,558 | 0,602 |
| 30 | - | - | - | - | - | 0,454 | 0,494 | 0,536 | 0,580 | 0,625 |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | 0,556 | 0,602 | 0,648 |
| 32 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,623 | 0,672 |
| 33 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,695 |

Tabelle 5

**Schaftholz - Massentafel**

| Baum-höhe (m) | Durchmesser (cm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| 14 | 0,296 | 0,318 | 0,340 | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 0,318 | 0,342 | 0,366 | 0,391 | 0,417 | - | - | - | - | - |
| 16 | 0,341 | 0,366 | 0,392 | 0,419 | 0,446 | 0,475 | 0,504 | - | - | - |
| 17 | 0,363 | 0,390 | 0,418 | 0,446 | 0,476 | 0,506 | 0,537 | 0,569 | 0,602 | - |
| 18 | 0,386 | 0,414 | 0,444 | 0,474 | 0,505 | 0,538 | 0,571 | 0,605 | 0,640 | 0,676 |
| 19 | 0,409 | 0,439 | 0,470 | 0,502 | 0,535 | 0,569 | 0,604 | 0,640 | 0,677 | 0,715 |
| 20 | 0,432 | 0,464 | 0,497 | 0,530 | 0,565 | 0,601 | 0,638 | 0,676 | 0,715 | 0,755 |
| 21 | 0,455 | 0,489 | 0,523 | 0,559 | 0,595 | 0,633 | 0,672 | 0,712 | 0,753 | 0,795 |
| 22 | 0,479 | 0,514 | 0,550 | 0,587 | 0,626 | 0,665 | 0,706 | 0,748 | 0,791 | 0,835 |
| 23 | 0,502 | 0,539 | 0,577 | 0,616 | 0,656 | 0,698 | 0,741 | 0,784 | 0,829 | 0,876 |
| 24 | 0,526 | 0,565 | 0,604 | 0,645 | 0,687 | 0,730 | 0,775 | 0,821 | 0,868 | 0,916 |
| 25 | 0,550 | 0,590 | 0,631 | 0,674 | 0,718 | 0,763 | 0,810 | 0,858 | 0,907 | 0,957 |
| 26 | 0,574 | 0,616 | 0,659 | 0,703 | 0,749 | 0,796 | 0,845 | 0,895 | 0,946 | 0,998 |
| 27 | 0,598 | 0,642 | 0,687 | 0,733 | 0,781 | 0,830 | 0,880 | 0,932 | 0,985 | 1,040 |
| 28 | 0,623 | 0,668 | 0,714 | 0,763 | 0,812 | 0,863 | 0,915 | 0,969 | 1,024 | 1,081 |
| 29 | 0,647 | 0,694 | 0,743 | 0,792 | 0,844 | 0,897 | 0,951 | 1,007 | 1,064 | 1,123 |
| 30 | 0,672 | 0,721 | 0,771 | 0,822 | 0,876 | 0,930 | 0,987 | 1,045 | 1,104 | 1,165 |
| 31 | 0,697 | 0,747 | 0,799 | 0,853 | 0,908 | 0,964 | 1,023 | 1,083 | 1,144 | 1,207 |
| 32 | 0,722 | 0,774 | 0,828 | 0,883 | 0,940 | 0,998 | 1,059 | 1,121 | 1,184 | 1,250 |
| 33 | 0,747 | 0,801 | 0,856 | 0,913 | 0,972 | 1,033 | 1,095 | 1,159 | 1,225 | 1,292 |
| 34 | - | 0,828 | 0,885 | 0,944 | 1,005 | 1,067 | 1,132 | 1,198 | 1,266 | 1,335 |
| 35 | - | 0,855 | 0,914 | 0,975 | 1,038 | 1,102 | 1,168 | 1,237 | 1,306 | 1,378 |
| 36 | - | - | - | - | - | 1,137 | 1,205 | 1,276 | 1,348 | 1,421 |
| 37 | - | - | - | - | - | - | - | 1,315 | 1,389 | 1,465 |
| 38 | - | - | - | - | - | - | - | 1,354 | 1,430 | 1,509 |
| 39 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,553 |
| 40 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,597 |
| 41 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,641 |

Tabelle 5

**Schaftholz - Massentafel**

| Baum-höhe (m) | Durchmesser (cm) 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 0,712 | 0,750 | 0,789 | 0,828 | 0,869 | - | - | - | - | - |
| 19 | 0,754 | 0,794 | 0,835 | 0,877 | 0,919 | 0,963 | 1,008 | - | - | - |
| 20 | 0,796 | 0,838 | 0,881 | 0,925 | 0,970 | 1,017 | 1,064 | 1,112 | 1,161 | - |
| 21 | 0,838 | 0,882 | 0,928 | 0,974 | 1,022 | 1,070 | 1,120 | 1,170 | 1,222 | 1,275 |
| 22 | 0,880 | 0,927 | 0,974 | 1,023 | 1,073 | 1,124 | 1,176 | 1,229 | 1,283 | 1,339 |
| 23 | 0,923 | 0,972 | 1,021 | 1,072 | 1,125 | 1,178 | 1,232 | 1,288 | 1,345 | 1,403 |
| 24 | 0,966 | 1,017 | 1,069 | 1,122 | 1,176 | 1,232 | 1,289 | 1,347 | 1,406 | 1,467 |
| 25 | 1,009 | 1,062 | 1,116 | 1,172 | 1,229 | 1,287 | 1,346 | 1,407 | 1,468 | 1,532 |
| 26 | 1,052 | 1,107 | 1,164 | 1,222 | 1,281 | 1,341 | 1,403 | 1,466 | 1,531 | 1,597 |
| 27 | 1,096 | 1,153 | 1,212 | 1,272 | 1,334 | 1,396 | 1,461 | 1,526 | 1,593 | 1,662 |
| 28 | 1,139 | 1,199 | 1,260 | 1,323 | 1,386 | 1,452 | 1,518 | 1,587 | 1,656 | 1,727 |
| 29 | 1,183 | 1,245 | 1,308 | 1,373 | 1,440 | 1,507 | 1,577 | 1,647 | 1,719 | 1,793 |
| 30 | 1,227 | 1,292 | 1,357 | 1,424 | 1,493 | 1,563 | 1,635 | 1,708 | 1,783 | 1,859 |
| 31 | 1,272 | 1,338 | 1,406 | 1,476 | 1,547 | 1,619 | 1,693 | 1,769 | 1,846 | 1,925 |
| 32 | 1,316 | 1,385 | 1,455 | 1,527 | 1,600 | 1,675 | 1,752 | 1,830 | 1,910 | 1,992 |
| 33 | 1,361 | 1,432 | 1,505 | 1,579 | 1,655 | 1,732 | 1,811 | 1,892 | 1,975 | 2,059 |
| 34 | 1,406 | 1,479 | 1,554 | 1,631 | 1,709 | 1,789 | 1,871 | 1,954 | 2,039 | 2,126 |
| 35 | 1,452 | 1,527 | 1,604 | 1,683 | 1,764 | 1,846 | 1,930 | 2,016 | 2,104 | 2,193 |
| 36 | 1,497 | 1,575 | 1,654 | 1,735 | 1,818 | 1,903 | 1,990 | 2,079 | 2,169 | 2,261 |
| 37 | 1,543 | 1,623 | 1,704 | 1,788 | 1,874 | 1,961 | 2,050 | 2,141 | 2,234 | 2,329 |
| 38 | 1,589 | 1,671 | 1,755 | 1,841 | 1,929 | 2,019 | 2,111 | 2,204 | 2,300 | 2,397 |
| 39 | 1,635 | 1,719 | 1,806 | 1,894 | 1,985 | 2,077 | 2,171 | 2,267 | 2,366 | 2,466 |
| 40 | 1,681 | 1,768 | 1,857 | 1,948 | 2,040 | 2,135 | 2,232 | 2,331 | 2,432 | 2,535 |
| 41 | 1,728 | 1,817 | 1,908 | 2,001 | 2,096 | 2,194 | 2,293 | 2,395 | 2,498 | 2,604 |
| 42 | 1,775 | 1,866 | 1,960 | 2,055 | 2,153 | 2,253 | 2,355 | 2,459 | 2,565 | 2,673 |
| 43 | - | 1,915 | 2,011 | 2,109 | 2,209 | 2,312 | 2,416 | 2,523 | 2,632 | 2,743 |
| 44 | - | 1,965 | 2,063 | 2,164 | 2,266 | 2,371 | 2,478 | 2,588 | 2,699 | 2,813 |
| 45 | - | 2,015 | 2,115 | 2,218 | 2,323 | 2,431 | 2,541 | 2,653 | 2,767 | 2,883 |
| 46 | - | - | - | - | - | 2,491 | 2,603 | 2,718 | 2,835 | 2,954 |

Tabelle 5

**Schaftholz - Massentafel**

| Baumhöhe (m) | Durchmesser (cm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 |
| 21 | 1,329 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 1,395 | 1,453 | 1,511 | 1,571 | 1,632 | 1,694 | 1,757 | 1,821 | 1,886 | - |
| 23 | 1,462 | 1,522 | 1,583 | 1,646 | 1,710 | 1,774 | 1,840 | 1,908 | 1,976 | 2,045 |
| 24 | 1,529 | 1,592 | 1,656 | 1,721 | 1,788 | 1,855 | 1,924 | 1,995 | 2,066 | 2,138 |
| 25 | 1,596 | 1,662 | 1,729 | 1,797 | 1,866 | 1,937 | 2,009 | 2,082 | 2,156 | 2,232 |
| 26 | 1,664 | 1,732 | 1,802 | 1,873 | 1,945 | 2,018 | 2,093 | 2,169 | 2,247 | 2,325 |
| 27 | 1,731 | 1,802 | 1,875 | 1,949 | 2,024 | 2,100 | 2,178 | 2,257 | 2,338 | 2,420 |
| 28 | 1,800 | 1,873 | 1,949 | 2,025 | 2,103 | 2,183 | 2,263 | 2,346 | 2,429 | 2,514 |
| 29 | 1,868 | 1,945 | 2,023 | 2,102 | 2,183 | 2,265 | 2,349 | 2,434 | 2,521 | 2,609 |
| 30 | 1,937 | 2,016 | 2,097 | 2,179 | 2,263 | 2,348 | 2,435 | 2,523 | 2,613 | 2,704 |
| 31 | 2,006 | 2,088 | 2,171 | 2,256 | 2,343 | 2,431 | 2,521 | 2,612 | 2,705 | 2,799 |
| 32 | 2,075 | 2,160 | 2,246 | 2,334 | 2,424 | 2,515 | 2,608 | 2,702 | 2,798 | 2,895 |
| 33 | 2,145 | 2,232 | 2,321 | 2,412 | 2,505 | 2,599 | 2,694 | 2,792 | 2,891 | 2,991 |
| 34 | 2,215 | 2,305 | 2,397 | 2,490 | 2,586 | 2,683 | 2,782 | 2,882 | 2,984 | 3,088 |
| 35 | 2,285 | 2,378 | 2,472 | 2,569 | 2,667 | 2,767 | 2,869 | 2,973 | 3,078 | 3,185 |
| 36 | 2,355 | 2,451 | 2,549 | 2,648 | 2,749 | 2,852 | 2,957 | 3,063 | 3,172 | 3,282 |
| 37 | 2,426 | 2,524 | 2,625 | 2,727 | 2,831 | 2,937 | 3,045 | 3,155 | 3,266 | 3,380 |
| 38 | 2,497 | 2,598 | 2,701 | 2,807 | 2,914 | 3,023 | 3,134 | 3,246 | 3,361 | 3,477 |
| 39 | 2,568 | 2,672 | 2,778 | 2,887 | 2,997 | 3,108 | 3,222 | 3,338 | 3,456 | 3,576 |
| 40 | 2,640 | 2,747 | 2,856 | 2,967 | 3,080 | 3,195 | 3,311 | 3,430 | 3,551 | 3,674 |
| 41 | 2,712 | 2,821 | 2,933 | 3,047 | 3,163 | 3,281 | 3,401 | 3,523 | 3,647 | 3,773 |
| 42 | 2,784 | 2,896 | 3,011 | 3,128 | 3,247 | 3,368 | 3,491 | 3,616 | 3,743 | 3,872 |
| 43 | 2,856 | 2,972 | 3,089 | 3,209 | 3,331 | 3,455 | 3,581 | 3,709 | 3,839 | 3,972 |
| 44 | 2,929 | 3,047 | 3,168 | 3,290 | 3,415 | 3,542 | 3,671 | 3,803 | 3,936 | 4,072 |
| 45 | 3,002 | 3,123 | 3,246 | 3,372 | 3,500 | 3,630 | 3,762 | 3,897 | 4,033 | 4,172 |
| 46 | 3,075 | 3,199 | 3,325 | 3,454 | 3,585 | 3,718 | 3,853 | 3,991 | 4,131 | 4,273 |

Tabelle 5

**Schaftholz - Massentafel**

| Baumhöhe (m) | Durchmesser (cm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 |
| 23 | 2,116 | 2,188 | 2,260 | 2,334 | 2,409 | - | - | - | - | - |
| 24 | 2,212 | 2,287 | 2,363 | 2,440 | 2,519 | 2,598 | 2,679 | 2,761 | 2,844 | 2,928 |
| 25 | 2,309 | 2,387 | 2,466 | 2,547 | 2,628 | 2,711 | 2,796 | 2,881 | 2,968 | 3,056 |
| 26 | 2,405 | 2,487 | 2,569 | 2,653 | 2,738 | 2,825 | 2,912 | 3,001 | 3,092 | 3,183 |
| 27 | 2,503 | 2,587 | 2,673 | 2,760 | 2,849 | 2,939 | 3,030 | 3,122 | 3,216 | 3,311 |
| 28 | 2,600 | 2,688 | 2,777 | 2,868 | 2,960 | 3,053 | 3,147 | 3,243 | 3,341 | 3,439 |
| 29 | 2,698 | 2,789 | 2,882 | 2,975 | 3,071 | 3,167 | 3,265 | 3,365 | 3,466 | 3,568 |
| 30 | 2,797 | 2,891 | 2,986 | 3,084 | 3,182 | 3,282 | 3,384 | 3,487 | 3,591 | 3,697 |
| 31 | 2,895 | 2,993 | 3,092 | 3,192 | 3,294 | 3,398 | 3,503 | 3,609 | 3,717 | 3,827 |
| 32 | 2,994 | 3,095 | 3,197 | 3,301 | 3,406 | 3,513 | 3,622 | 3,732 | 3,844 | 3,957 |
| 33 | 3,094 | 3,198 | 3,303 | 3,410 | 3,519 | 3,630 | 3,742 | 3,855 | 3,970 | 4,087 |
| 34 | 3,193 | 3,301 | 3,409 | 3,520 | 3,632 | 3,746 | 3,862 | 3,979 | 4,098 | 4,218 |
| 35 | 3,293 | 3,404 | 3,516 | 3,630 | 3,746 | 3,863 | 3,982 | 4,103 | 4,225 | 4,349 |
| 36 | 3,394 | 3,508 | 3,623 | 3,740 | 3,859 | 3,980 | 4,103 | 4,227 | 4,353 | 4,481 |
| 37 | 3,495 | 3,612 | 3,730 | 3,851 | 3,974 | 4,098 | 4,224 | 4,352 | 4,481 | 4,613 |
| 38 | 3,596 | 3,716 | 3,838 | 3,962 | 4,088 | 4,216 | 4,345 | 4,477 | 4,610 | 4,745 |
| 39 | 3,697 | 3,821 | 3,946 | 4,074 | 4,203 | 4,334 | 4,467 | 4,602 | 4,739 | 4,878 |
| 40 | 3,799 | 3,926 | 4,055 | 4,186 | 4,318 | 4,453 | 4,590 | 4,728 | 4,869 | 5,012 |
| 41 | 3,901 | 4,031 | 4,164 | 4,298 | 4,434 | 4,572 | 4,712 | 4,855 | 4,999 | 5,145 |
| 42 | 4,004 | 4,137 | 4,273 | 4,410 | 4,550 | 4,692 | 4,836 | 4,981 | 5,129 | 5,279 |
| 43 | 4,107 | 4,243 | 4,382 | 4,523 | 4,666 | 4,812 | 4,959 | 5,109 | 5,260 | 5,414 |
| 44 | 4,210 | 4,350 | 4,492 | 4,637 | 4,783 | 4,932 | 5,083 | 5,236 | 5,391 | 5,549 |
| 45 | 4,313 | 4,457 | 4,603 | 4,750 | 4,900 | 5,053 | 5,207 | 5,364 | 5,523 | 5,684 |
| 46 | 4,417 | 4,564 | 4,713 | 4,864 | 5,018 | 5,174 | 5,332 | 5,492 | 5,655 | 5,820 |

Tabelle 5

**Schaftholz - Massentafel**

| Baumhöhe (m) | Durchmesser (cm) 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 3,014 | 3,101 | 3,188 | 3,277 | 3,368 | 3,459 |
| 25 | 3,145 | 3,235 | 3,327 | 3,419 | 3,513 | 3,609 |
| 26 | 3,276 | 3,370 | 3,465 | 3,562 | 3,660 | 3,759 |
| 27 | 3,407 | 3,505 | 3,604 | 3,705 | 3,806 | 3,909 |
| 28 | 3,540 | 3,641 | 3,744 | 3,848 | 3,953 | 4,060 |
| 29 | 3,672 | 3,777 | 3,884 | 3,992 | 4,101 | 4,212 |
| 30 | 3,805 | 3,914 | 4,024 | 4,136 | 4,249 | 4,364 |
| 31 | 3,938 | 4,051 | 4,165 | 4,280 | 4,398 | 4,516 |
| 32 | 4,072 | 4,188 | 4,306 | 4,425 | 4,546 | 4,669 |
| 33 | 4,206 | 4,326 | 4,448 | 4,571 | 4,696 | 4,822 |
| 34 | 4,340 | 4,464 | 4,590 | 4,717 | 4,846 | 4,976 |
| 35 | 4,475 | 4,603 | 4,732 | 4,863 | 4,996 | 5,130 |
| 36 | 4,611 | 4,742 | 4,875 | 5,010 | 5,146 | 5,285 |
| 37 | 4,746 | 4,881 | 5,018 | 5,157 | 5,298 | 5,440 |
| 38 | 4,882 | 5,021 | 5,162 | 5,305 | 5,449 | 5,595 |
| 39 | 5,019 | 5,162 | 5,306 | 5,453 | 5,601 | 5,751 |
| 40 | 5,156 | 5,302 | 5,451 | 5,601 | 5,754 | 5,908 |
| 41 | 5,293 | 5,444 | 5,596 | 5,750 | 5,906 | 6,065 |
| 42 | 5,431 | 5,585 | 5,741 | 5,900 | 6,060 | 6,222 |
| 43 | 5,570 | 5,727 | 5,887 | 6,049 | 6,213 | 6,380 |
| 44 | 5,708 | 5,870 | 6,034 | 6,200 | 6,368 | 6,538 |
| 45 | 5,847 | 6,013 | 6,180 | 6,350 | 6,522 | 6,697 |
| 46 | 5,987 | 6,156 | 6,328 | 6,501 | 6,677 | 6,856 |

Tabelle 6

Douglasie (1969)

**Derbholz - Massentafel**

| Baumhöhe (m) | Durchmesser (cm) 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 0,001 | 0,005 | 0,008 | - | - | - | - | - |
| 5 | 0,002 | 0,007 | 0,011 | - | - | - | - | - |
| 6 | 0,003 | 0,008 | 0,014 | 0,019 | 0,024 | 0,029 | 0,034 | - |
| 7 | 0,004 | 0,010 | 0,016 | 0,022 | 0,028 | 0,034 | 0,040 | 0,047 |
| 8 | 0,005 | 0,012 | 0,019 | 0,026 | 0,032 | 0,039 | 0,046 | 0,054 |
| 9 | 0,007 | 0,014 | 0,022 | 0,029 | 0,037 | 0,044 | 0,053 | 0,061 |
| 10 | 0,008 | 0,017 | 0,025 | 0,033 | 0,041 | 0,050 | 0,059 | 0,068 |
| 11 | 0,010 | 0,019 | 0,028 | 0,037 | 0,046 | 0,055 | 0,065 | 0,076 |
| 12 | 0,011 | 0,021 | 0,031 | 0,040 | 0,050 | 0,061 | 0,072 | 0,083 |
| 13 | 0,013 | 0,023 | 0,034 | 0,044 | 0,055 | 0,067 | 0,078 | 0,091 |
| 14 | 0,014 | 0,026 | 0,037 | 0,048 | 0,060 | 0,072 | 0,085 | 0,099 |
| 15 | 0,016 | 0,028 | 0,040 | 0,052 | 0,065 | 0,078 | 0,092 | 0,106 |
| 16 | - | 0,031 | 0,044 | 0,056 | 0,070 | 0,084 | 0,099 | 0,114 |
| 17 | - | 0,033 | 0,047 | 0,061 | 0,075 | 0,090 | 0,106 | 0,122 |
| 18 | - | - | - | 0,065 | 0,080 | 0,096 | 0,113 | 0,130 |
| 19 | - | - | - | 0,069 | 0,085 | 0,102 | 0,120 | 0,138 |
| 20 | - | - | - | 0,074 | 0,090 | 0,108 | 0,127 | 0,146 |
| 21 | - | - | - | - | - | - | - | 0,155 |
| 22 | - | - | - | - | - | - | - | 0,163 |
| 23 | - | - | - | - | - | - | - | 0,171 |
| 24 | - | - | - | - | - | - | - | 0,180 |
| 25 | - | - | - | - | - | - | - | 0,189 |

Tabelle 6

**Derbholz - Massentafel**

| Baum-höhe (m) | Durchmesser (cm) 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0,054 | 0,061 | 0,069 | 0,077 | 0,085 | - | - | - | - | - |
| 8 | 0,062 | 0,070 | 0,079 | 0,088 | 0,098 | 0,108 | - | - | - | - |
| 9 | 0,070 | 0,080 | 0,089 | 0,100 | 0,110 | 0,122 | 0,133 | - | - | - |
| 10 | 0,078 | 0,089 | 0,100 | 0,111 | 0,123 | 0,136 | 0,149 | - | - | - |
| 11 | 0,087 | 0,098 | 0,111 | 0,123 | 0,136 | 0,150 | 0,165 | 0,179 | - | - |
| 12 | 0,095 | 0,108 | 0,121 | 0,135 | 0,149 | 0,165 | 0,180 | 0,197 | 0,214 | - |
| 13 | 0,104 | 0,118 | 0,132 | 0,147 | 0,163 | 0,179 | 0,196 | 0,214 | 0,232 | 0,251 |
| 14 | 0,113 | 0,127 | 0,143 | 0,159 | 0,176 | 0,194 | 0,212 | 0,231 | 0,251 | 0,272 |
| 15 | 0,121 | 0,137 | 0,154 | 0,171 | 0,190 | 0,209 | 0,228 | 0,249 | 0,270 | 0,292 |
| 16 | 0,130 | 0,147 | 0,165 | 0,184 | 0,203 | 0,223 | 0,245 | 0,267 | 0,289 | 0,313 |
| 17 | 0,139 | 0,157 | 0,176 | 0,196 | 0,217 | 0,239 | 0,261 | 0,284 | 0,309 | 0,334 |
| 18 | 0,148 | 0,168 | 0,188 | 0,209 | 0,231 | 0,254 | 0,278 | 0,302 | 0,328 | 0,355 |
| 19 | 0,157 | 0,178 | 0,199 | 0,221 | 0,245 | 0,269 | 0,294 | 0,321 | 0,348 | 0,376 |
| 20 | 0,167 | 0,188 | 0,211 | 0,234 | 0,259 | 0,284 | 0,311 | 0,339 | 0,368 | 0,397 |
| 21 | 0,176 | 0,199 | 0,222 | 0,247 | 0,273 | 0,300 | 0,328 | 0,357 | 0,387 | 0,419 |
| 22 | 0,186 | 0,209 | 0,234 | 0,260 | 0,287 | 0,316 | 0,345 | 0,376 | 0,407 | 0,440 |
| 23 | 0,195 | 0,220 | 0,246 | 0,273 | 0,302 | 0,332 | 0,362 | 0,394 | 0,428 | 0,462 |
| 24 | 0,205 | 0,231 | 0,258 | 0,287 | 0,316 | 0,347 | 0,380 | 0,413 | 0,448 | 0,484 |
| 25 | 0,215 | 0,242 | 0,270 | 0,300 | 0,331 | 0,364 | 0,397 | 0,432 | 0,469 | 0,506 |
| 26 | - | 0,253 | 0,282 | 0,314 | 0,346 | 0,380 | 0,415 | 0,451 | 0,489 | 0,528 |
| 27 |  | 0,264 | 0,295 | 0,327 | 0,361 | 0,396 | 0,433 | 0,471 | 0,510 | 0,551 |
| 28 | - | - | - | 0,341 | 0,376 | 0,413 | 0,451 | 0,490 | 0,531 | 0,573 |
| 29 | - | - | - | 0,355 | 0,391 | 0,429 | 0,469 | 0,510 | 0,552 | 0,596 |
| 30 | - | - | - | - | - | 0,446 | 0,487 | 0,529 | 0,573 | 0,619 |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | 0,549 | 0,595 | 0,642 |
| 32 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,616 | 0,665 |
| 33 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,688 |

Tabelle 6

**Derbholz - Massentafel**

| Baum-höhe (m) | Durchmesser (cm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| 14 | 0,293 | 0,315 | 0,338 | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 0,315 | 0,339 | 0,363 | 0,388 | 0,414 | - | - | - | - | - |
| 16 | 0,337 | 0,363 | 0,389 | 0,416 | 0,444 | 0,472 | 0,502 | - | - | - |
| 17 | 0,360 | 0,387 | 0,415 | 0,443 | 0,473 | 0,503 | 0,535 | 0,567 | 0,600 | - |
| 18 | 0,382 | 0,411 | 0,440 | 0,471 | 0,502 | 0,535 | 0,568 | 0,602 | 0,637 | 0,673 |
| 19 | 0,405 | 0,435 | 0,467 | 0,499 | 0,532 | 0,566 | 0,601 | 0,637 | 0,674 | 0,712 |
| 20 | 0,428 | 0,460 | 0,493 | 0,527 | 0,562 | 0,598 | 0,635 | 0,673 | 0,712 | 0,752 |
| 21 | 0,451 | 0,485 | 0,519 | 0,555 | 0,592 | 0,630 | 0,669 | 0,709 | 0,750 | 0,792 |
| 22 | 0,474 | 0,510 | 0,546 | 0,583 | 0,622 | 0,662 | 0,703 | 0,745 | 0,788 | 0,832 |
| 23 | 0,498 | 0,535 | 0,573 | 0,612 | 0,652 | 0,694 | 0,737 | 0,781 | 0,826 | 0,872 |
| 24 | 0,521 | 0,560 | 0,600 | 0,641 | 0,683 | 0,726 | 0,771 | 0,817 | 0,864 | 0,913 |
| 25 | 0,545 | 0,585 | 0,627 | 0,670 | 0,714 | 0,759 | 0,806 | 0,854 | 0,903 | 0,953 |
| 26 | 0,569 | 0,611 | 0,654 | 0,699 | 0,745 | 0,792 | 0,841 | 0,891 | 0,942 | 0,994 |
| 27 | 0,593 | 0,637 | 0,682 | 0,728 | 0,776 | 0,825 | 0,876 | 0,928 | 0,981 | 1,036 |
| 28 | 0,617 | 0,662 | 0,709 | 0,757 | 0,807 | 0,858 | 0,911 | 0,965 | 1,020 | 1,077 |
| 29 | 0,641 | 0,689 | 0,737 | 0,787 | 0,839 | 0,892 | 0,946 | 1,002 | 1,060 | 1,119 |
| 30 | 0,666 | 0,715 | 0,765 | 0,817 | 0,870 | 0,925 | 0,982 | 1,040 | 1,099 | 1,160 |
| 31 | 0,691 | 0,741 | 0,793 | 0,847 | 0,902 | 0,959 | 1,017 | 1,078 | 1,139 | 1,202 |
| 32 | 0,715 | 0,768 | 0,822 | 0,877 | 0,934 | 0,993 | 1,053 | 1,116 | 1,179 | 1,245 |
| 33 | 0,740 | 0,794 | 0,850 | 0,907 | 0,966 | 1,027 | 1,090 | 1,154 | 1,220 | 1,287 |
| 34 | - | 0,821 | 0,879 | 0,938 | 0,999 | 1,062 | 1,126 | 1,192 | 1,260 | 1,330 |
| 35 | - | 0,848 | 0,908 | 0,969 | 1,031 | 1,096 | 1,163 | 1,231 | 1,301 | 1,373 |
| 36 | - | - | - | - | - | 1,131 | 1,199 | 1,270 | 1,342 | 1,416 |
| 37 | - | - | - | - | - | - | - | 1,309 | 1,383 | 1,459 |
| 38 | - | - | - | - | - | - | - | 1,348 | 1,424 | 1,503 |
| 39 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,546 |
| 40 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,590 |
| 41 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,635 |

Tabelle 6

**Derbholz - Massentafel**

| Baumhöhe (m) | Durchmesser (cm) 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 0,709 | 0,746 | 0,784 | 0,824 | 0,865 | - | - | - | - | - |
| 19 | 0,751 | 0,790 | 0,831 | 0,872 | 0,915 | 0,959 | 1,004 | - | - | - |
| 20 | 0,793 | 0,834 | 0,877 | 0,921 | 0,966 | 1,012 | 1,059 | 1,108 | 1,157 | - |
| 21 | 0,834 | 0,878 | 0,923 | 0,970 | 1,017 | 1,066 | 1,115 | 1,166 | 1,218 | 1,270 |
| 22 | 0,877 | 0,923 | 0,970 | 1,019 | 1,069 | 1,120 | 1,172 | 1,225 | 1,279 | 1,334 |
| 23 | 0,919 | 0,967 | 1,017 | 1,068 | 1,120 | 1,174 | 1,228 | 1,284 | 1,340 | 1,398 |
| 24 | 0,962 | 1,012 | 1,064 | 1,118 | 1,172 | 1,228 | 1,285 | 1,343 | 1,402 | 1,463 |
| 25 | 1,005 | 1,058 | 1,112 | 1,167 | 1,224 | 1,282 | 1,342 | 1,402 | 1,464 | 1,527 |
| 26 | 1,048 | 1,103 | 1,160 | 1,217 | 1,277 | 1,337 | 1,399 | 1,462 | 1,526 | 1,592 |
| 27 | 1,092 | 1,149 | 1,208 | 1,268 | 1,329 | 1,392 | 1,456 | 1,522 | 1,589 | 1,657 |
| 28 | 1,135 | 1,195 | 1,256 | 1,318 | 1,382 | 1,447 | 1,514 | 1,582 | 1,652 | 1,723 |
| 29 | 1,179 | 1,241 | 1,304 | 1,369 | 1,435 | 1,503 | 1,572 | 1,643 | 1,715 | 1,789 |
| 30 | 1,223 | 1,287 | 1,353 | 1,420 | 1,489 | 1,559 | 1,630 | 1,704 | 1,778 | 1,855 |
| 31 | 1,268 | 1,334 | 1,402 | 1,471 | 1,542 | 1,615 | 1,689 | 1,765 | 1,842 | 1,921 |
| 32 | 1,312 | 1,381 | 1,451 | 1,523 | 1,596 | 1,671 | 1,748 | 1,826 | 1,906 | 1,988 |
| 33 | 1,357 | 1,428 | 1,500 | 1,574 | 1,650 | 1,728 | 1,807 | 1,888 | 1,970 | 2,054 |
| 34 | 1,402 | 1,475 | 1,550 | 1,626 | 1,705 | 1,785 | 1,866 | 1,950 | 2,035 | 2,122 |
| 35 | 1,447 | 1,523 | 1,600 | 1,679 | 1,759 | 1,842 | 1,926 | 2,012 | 2,100 | 2,189 |
| 36 | 1,493 | 1,570 | 1,650 | 1,731 | 1,814 | 1,899 | 1,986 | 2,074 | 2,165 | 2,257 |
| 37 | 1,538 | 1,618 | 1,700 | 1,784 | 1,869 | 1,957 | 2,046 | 2,137 | 2,230 | 2,325 |
| 38 | 1,584 | 1,667 | 1,751 | 1,837 | 1,925 | 2,014 | 2,106 | 2,200 | 2,296 | 2,393 |
| 39 | 1,630 | 1,715 | 1,801 | 1,890 | 1,980 | 2,073 | 2,167 | 2,263 | 2,361 | 2,462 |
| 40 | 1,676 | 1,764 | 1,852 | 1,943 | 2,036 | 2,131 | 2,228 | 2,327 | 2,428 | 2,531 |
| 41 | 1,723 | 1,813 | 1,904 | 1,997 | 2,092 | 2,190 | 2,289 | 2,390 | 2,494 | 2,600 |
| 42 | 1,770 | 1,862 | 1,955 | 2,051 | 2,149 | 2,248 | 2,350 | 2,454 | 2,561 | 2,669 |
| 43 | - | 1,911 | 2,007 | 2,105 | 2,205 | 2,308 | 2,412 | 2,519 | 2,628 | 2,739 |
| 44 | - | 1,961 | 2,059 | 2,159 | 2,262 | 2,367 | 2,474 | 2,583 | 2,695 | 2,809 |
| 45 | - | 2,011 | 2,111 | 2,214 | 2,319 | 2,427 | 2,536 | 2,648 | 2,762 | 2,879 |
| 46 | - | - | - | - | - | 2,486 | 2,599 | 2,713 | 2,830 | 2,950 |

Tabelle 6

**Derbholz - Massentafel**

| Baumhöhe (m) | Durchmesser (cm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 |
| 21 | 1,324 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 1,391 | 1,448 | 1,507 | 1,567 | 1,628 | 1,689 | 1,753 | 1,817 | 1,882 | - |
| 23 | 1,457 | 1,518 | 1,579 | 1,642 | 1,705 | 1,770 | 1,836 | 1,903 | 1,972 | 2,041 |
| 24 | 1,524 | 1,587 | 1,651 | 1,717 | 1,783 | 1,851 | 1,920 | 1,990 | 2,062 | 2,134 |
| 25 | 1,592 | 1,657 | 1,724 | 1,792 | 1,862 | 1,932 | 2,004 | 2,077 | 2,152 | 2,227 |
| 26 | 1,659 | 1,728 | 1,797 | 1,868 | 1,940 | 2,014 | 2,089 | 2,165 | 2,242 | 2,321 |
| 27 | 1,727 | 1,798 | 1,871 | 1,944 | 2,020 | 2,096 | 2,174 | 2,253 | 2,333 | 2,415 |
| 28 | 1,795 | 1,869 | 1,944 | 2,021 | 2,099 | 2,178 | 2,259 | 2,341 | 2,425 | 2,510 |
| 29 | 1,864 | 1,940 | 2,018 | 2,098 | 2,179 | 2,261 | 2,345 | 2,430 | 2,516 | 2,605 |
| 30 | 1,932 | 2,012 | 2,092 | 2,175 | 2,258 | 2,344 | 2,430 | 2,519 | 2,608 | 2,700 |
| 31 | 2,001 | 2,083 | 2,167 | 2,252 | 2,339 | 2,427 | 2,517 | 2,608 | 2,701 | 2,795 |
| 32 | 2,071 | 2,155 | 2,242 | 2,330 | 2,419 | 2,510 | 2,603 | 2,698 | 2,793 | 2,891 |
| 33 | 2,140 | 2,228 | 2,317 | 2,408 | 2,500 | 2,594 | 2,690 | 2,787 | 2,886 | 2,987 |
| 34 | 2,210 | 2,300 | 2,392 | 2,486 | 2,581 | 2,679 | 2,777 | 2,878 | 2,980 | 3,084 |
| 35 | 2,280 | 2,373 | 2,468 | 2,565 | 2,663 | 2,763 | 2,865 | 2,968 | 3,073 | 3,180 |
| 36 | 2,351 | 2,447 | 2,544 | 2,644 | 2,745 | 2,848 | 2,953 | 3,059 | 3,168 | 3,278 |
| 37 | 2,422 | 2,520 | 2,621 | 2,723 | 2,827 | 2,933 | 3,041 | 3,150 | 3,262 | 3,375 |
| 38 | 2,493 | 2,594 | 2,697 | 2,802 | 2,909 | 3,018 | 3,129 | 3,242 | 3,357 | 3,473 |
| 39 | 2,564 | 2,668 | 2,774 | 2,882 | 2,992 | 3,104 | 3,218 | 3,334 | 3,452 | 3,571 |
| 40 | 2,635 | 2,742 | 2,851 | 2,962 | 3,075 | 3,190 | 3,307 | 3,426 | 3,547 | 3,670 |
| 41 | 2,707 | 2,817 | 2,929 | 3,043 | 3,159 | 3,277 | 3,397 | 3,519 | 3,643 | 3,769 |
| 42 | 2,780 | 2,892 | 3,007 | 3,124 | 3,242 | 3,363 | 3,486 | 3,612 | 3,739 | 3,868 |
| 43 | 2,852 | 2,967 | 3,085 | 3,205 | 3,326 | 3,450 | 3,577 | 3,705 | 3,835 | 3,968 |
| 44 | 2,925 | 3,043 | 3,163 | 3,286 | 3,411 | 3,538 | 3,667 | 3,798 | 3,932 | 4,068 |
| 45 | 2,998 | 3,119 | 3,242 | 3,368 | 3,495 | 3,625 | 3,758 | 3,892 | 4,029 | 4,168 |
| 46 | 3,071 | 3,195 | 3,321 | 3,450 | 3,580 | 3,713 | 3,849 | 3,986 | 4,126 | 4,269 |

Tabelle 6

**Derbholz - Massentafel**

| Baum-höhe (m) | Durchmesser (cm) 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 2,112 | 2,183 | 2,256 | 2,330 | 2,405 | - | - | - | - | - |
| 24 | 2,208 | 2,283 | 2,359 | 2,436 | 2,514 | 2,594 | 2,675 | 2,757 | 2,840 | 2,924 |
| 25 | 2,304 | 2,382 | 2,462 | 2,542 | 2,624 | 2,707 | 2,791 | 2,877 | 2,963 | 3,051 |
| 26 | 2,401 | 2,482 | 2,565 | 2,649 | 2,734 | 2,820 | 2,908 | 2,997 | 3,087 | 3,179 |
| 27 | 2,498 | 2,583 | 2,669 | 2,756 | 2,844 | 2,934 | 3,025 | 3,118 | 3,212 | 3,307 |
| 28 | 2,596 | 2,684 | 2,773 | 2,863 | 2,955 | 3,048 | 3,143 | 3,239 | 3,336 | 3,435 |
| 29 | 2,694 | 2,785 | 2,877 | 2,971 | 3,066 | 3,163 | 3,261 | 3,361 | 3,462 | 3,564 |
| 30 | 2,792 | 2,887 | 2,982 | 3,079 | 3,178 | 3,278 | 3,380 | 3,483 | 3,587 | 3,693 |
| 31 | 2,891 | 2,988 | 3,087 | 3,188 | 3,290 | 3,393 | 3,498 | 3,605 | 3,713 | 3,823 |
| 32 | 2,990 | 3,091 | 3,193 | 3,297 | 3,402 | 3,509 | 3,618 | 3,728 | 3,839 | 3,953 |
| 33 | 3,089 | 3,193 | 3,299 | 3,406 | 3,515 | 3,625 | 3,737 | 3,851 | 3,966 | 4,083 |
| 34 | 3,189 | 3,296 | 3,405 | 3,516 | 3,628 | 3,742 | 3,857 | 3,974 | 4,093 | 4,214 |
| 35 | 3,289 | 3,400 | 3,512 | 3,626 | 3,741 | 3,859 | 3,978 | 4,098 | 4,221 | 4,345 |
| 36 | 3,390 | 3,503 | 3,619 | 3,736 | 3,855 | 3,976 | 4,098 | 4,223 | 4,349 | 4,477 |
| 37 | 3,490 | 3,607 | 3,726 | 3,847 | 3,969 | 4,093 | 4,220 | 4,347 | 4,477 | 4,609 |
| 38 | 3,591 | 3,712 | 3,834 | 3,958 | 4,084 | 4,212 | 4,341 | 4,473 | 4,606 | 4,741 |
| 39 | 3,693 | 3,817 | 3,942 | 4,069 | 4,199 | 4,330 | 4,463 | 4,598 | 4,735 | 4,874 |
| 40 | 3,795 | 3,922 | 4,050 | 4,181 | 4,314 | 4,449 | 4,585 | 4,724 | 4,865 | 5,007 |
| 41 | 3,897 | 4,027 | 4,159 | 4,293 | 4,430 | 4,568 | 4,708 | 4,850 | 4,995 | 5,141 |
| 42 | 3,999 | 4,133 | 4,268 | 4,406 | 4,546 | 4,687 | 4,831 | 4,977 | 5,125 | 5,275 |
| 43 | 4,102 | 4,239 | 4,378 | 4,519 | 4,662 | 4,807 | 4,955 | 5,104 | 5,256 | 5,409 |
| 44 | 4,206 | 4,346 | 4,488 | 4,632 | 4,779 | 4,928 | 5,079 | 5,232 | 5,387 | 5,544 |
| 45 | 4,309 | 4,453 | 4,598 | 4,746 | 4,896 | 5,048 | 5,203 | 5,360 | 5,519 | 5,680 |
| 46 | 4,413 | 4,560 | 4,709 | 4,860 | 5,014 | 5,170 | 5,328 | 5,488 | 5,651 | 5,815 |

Tabelle 6

## Derbholz - Massentafel

| Baum-höhe (m) | Durchmesser (cm) 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 3,010 | 3,096 | 3,184 | 3,273 | 3,363 | 3,455 |
| 25 | 3,140 | 3,231 | 3,322 | 3,415 | 3,509 | 3,604 |
| 26 | 3,272 | 3,366 | 3,461 | 3,557 | 3,655 | 3,754 |
| 27 | 3,403 | 3,501 | 3,600 | 3,700 | 3,802 | 3,905 |
| 28 | 3,535 | 3,637 | 3,739 | 3,844 | 3,949 | 4,056 |
| 29 | 3,668 | 3,773 | 3,879 | 3,987 | 4,097 | 4,208 |
| 30 | 3,800 | 3,909 | 4,020 | 4,132 | 4,245 | 4,360 |
| 31 | 3,934 | 4,046 | 4,160 | 4,276 | 4,393 | 4,512 |
| 32 | 4,067 | 4,184 | 4,302 | 4,421 | 4,542 | 4,665 |
| 33 | 4,201 | 4,322 | 4,443 | 4,567 | 4,691 | 4,818 |
| 34 | 4,336 | 4,460 | 4,585 | 4,712 | 4,841 | 4,972 |
| 35 | 4,471 | 4,599 | 4,728 | 4,859 | 4,992 | 5,126 |
| 36 | 4,606 | 4,738 | 4,871 | 5,006 | 5,142 | 5,281 |
| 37 | 4,742 | 4,877 | 5,014 | 5,153 | 5,293 | 5,436 |
| 38 | 4,878 | 5,017 | 5,158 | 5,300 | 5,445 | 5,591 |
| 39 | 5,015 | 5,157 | 5,302 | 5,448 | 5,597 | 5,747 |
| 40 | 5,152 | 5,298 | 5,447 | 5,597 | 5,749 | 5,903 |
| 41 | 5,289 | 5,439 | 5,592 | 5,746 | 5,902 | 6,060 |
| 42 | 5,427 | 5,581 | 5,737 | 5,895 | 6,055 | 6,218 |
| 43 | 5,565 | 5,723 | 5,883 | 6,045 | 6,209 | 6,375 |
| 44 | 5,704 | 5,866 | 6,029 | 6,195 | 6,363 | 6,534 |
| 45 | 5,843 | 6,008 | 6,176 | 6,346 | 6,518 | 6,692 |
| 46 | 5,982 | 6,152 | 6,323 | 6,497 | 6,673 | 6,851 |

# Treibjagd auf Fuchs-schwänze



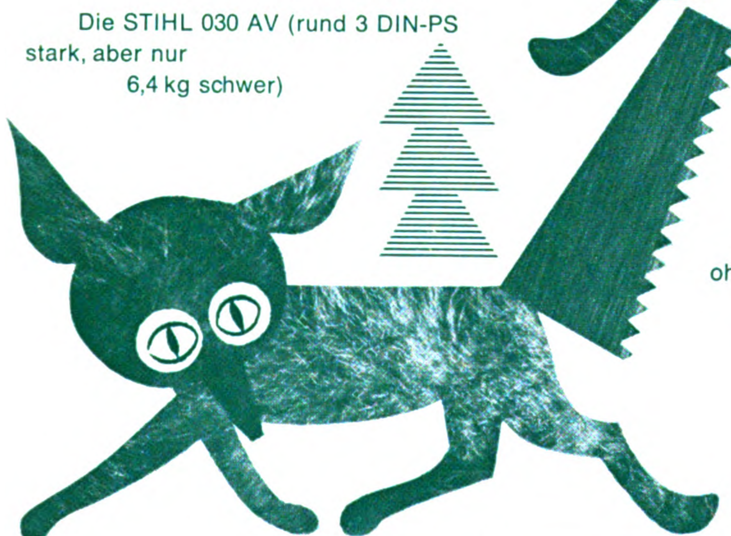


Keine Schonzeit mehr für Fuchsschwänze: Unrationelle Arbeitsmethoden sind im Wald nicht brauchbar. Wenn es gilt, Hochsitze zu bauen, Wildgatter zu errichten oder Zäune zu ziehen, dann nimmt man keine Handsäge mehr. Wozu gibt es Motorsägen wie die STIHL 030 AV?



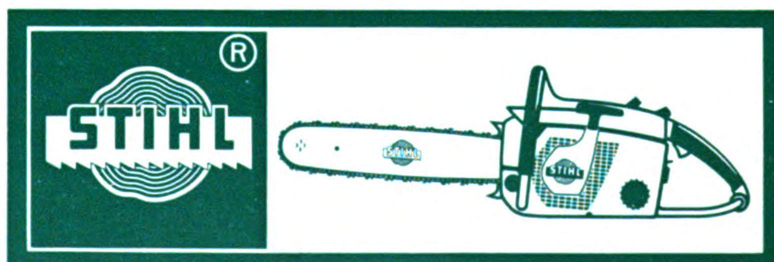
Die STIHL 030 AV (rund 3 DIN-PS stark, aber nur 6,4 kg schwer) wurde eigens für solche Arbeiten konstruiert, wie der Waidmann sie immer wieder tun muß. Eine Säge, mit der jeder, auch wenn er kein ausgebildeter Forstfachmann ist, ohne Schwierigkeiten zurechtkommt. Machen Sie mit bei der Treibjagd auf Fuchsschwänze! Gehen Sie mit der STIHL 030 AV in den Wald!

*(Sie gewinnen dabei auch viel mehr Zeit für Wichtigeres: Für Waidwerk und Pirsch).*





**STIHL Motorsägen**
**705 Waiblingen**



D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG





INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



142. JAHRGANG 1971 HEFT 11 NOVEMBER

J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

**ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG**

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Göttingen

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. 

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 64 24, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M. 54 08 75, Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 9 69 58), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.

**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 11 des 142. Jahrganges sind:**

Dr. F. Bergmann, 34 Göttingen-Weende, Büsgenweg 2
Prof. Dr. G. Melchior, 207 Schmalenbeck, Siekerlandstr. 2
Prof. Dr. G. Mitscherlich, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17
Dozent Dr. J. Pacher, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17
Dr. S. Schönhar, 7806 Wittental, Haus 26 a
Prof. Dr. B. Ulrich, 34 Göttingen, Büsgenweg 2
Dr. H. Wachter, 34 Göttingen, Büsgenweg 2



**Aus unserer Jagd-Ecke**

## Virtuose Jagdhornklänge

Die von „Electrola" herausgegebene Schallplatte „Virtuose Jagdhornklänge" ist ein besonderer Genuß für Freunde der Jagdmusik. Von den Fürst Pless und Parforce-Hörnern in B geblasen, interessierten uns besonders die Hegewald-Fanfare, die Hirschberger Jägermärsche sowie das „Sauerländer Horrido", der Gruß aus den Sauerländer Bergen, ebenso der Hornruf aus Siegfried und Rossini „Le rendezvous de Chasse".

R

## Beilagehinweis

Dieser Ausgabe liegt der Prospekt „Dengler, Waldbau auf ökologischer Grundlage — Hasel, Waldwirtschaft und Umwelt", des Verlages Paul Parey, Hamburg und Berlin bei, sowie ein Prospekt Heribert Horneck „Jagd in der Zeit", Leopold Stocker Verlag.

Wir bitten um freundliche Beachtung.

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden:*

*Summaries* von Dr. E. F. Brünig, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. Maheut, Centre National de Recherches Forestières, Champenoux - 54 - Einville

# Bodenkundliche Gesichtspunkte zur Frage der Bodenbearbeitung im Wald

Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen

(Mit 3 Abbildungen und 3 Tabellen)

Von B. Ulrich und H. Wachter *)

## Gliederung



## 1. Einleitung

Eine Bodenbearbeitung wird heute aus den verschiedensten betriebswirtschaftlichen, arbeitswirtschaftlichen und waldbaulichen Gründen durchgeführt, aber nur in geringem Umfang als wesentlicher Bestandteil einer Meliorationsmaßnahme zur Verbesserung des Bodens. Die Zielsetzungen für Bodenbearbeitungen haben sich also in gleichem Maße geändert wie die zum Einsatz kommenden Geräte. Das vorwiegend auf Wittich (14, 15, 16) zurückgehende Wissen über den Einfluß einer Bodenbearbeitung auf den Bodenzustand bedarf daher dringend der Ergänzung sowohl hinsichtlich der Standorte, auf denen Bodenbearbeitung heute vorwiegend durchgeführt wird, wie auch hinsichtlich der anderen Arbeitsweise und Wirkung der heute zum Einsatz kommenden Geräte. Schließlich sind auch Aspekte des Nährstoffhaushaltes am Standort, die bei der meliorativen Bodenbearbeitung als einmaligem Eingriff vernachlässigt werden konnten, neu zu überdenken, wenn die Bodenbearbeitung als Maßnahme zur Kulturbegründung regelmäßig wiederholt wird.

Im Hinblick auf das Baumwachstum kann durch eine Bodenbearbeitung der Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt sowie der Nährstoffhaushalt des Bodens beeinflußt werden, und zwar als Folge einer Veränderung des physikalischen, chemischen und biologischen Bodenzustandes. Da die ökologischen Parameter des Wasser-, Luft-, Wärme- und Nährstoffhaushaltes nicht direkt meßbar sind, müssen die durch Bodenbearbeitung bewirkten Veränderungen des physikalischen, chemischen und biologischen Bodenzustandes gemessen und es muß aus ihnen auf die Veränderung der ökologischen Parameter geschlossen werden. Dies ist nur möglich, wenn eine der Komplexheit der Fragestellung angemessene Zahl von Versuchsflächen angelegt ist, die langfristig beobachtet werden und für entsprechende bodenkundliche Untersuchungen zur Verfügung stehen. Das Institut für Bodenkunde und Waldernährung hat daher in den letzten Jahren in Zusammenarbeit mit Forstämtern der Niedersächsischen Landesforstverwaltung eine Reihe von Bodenbearbeitungsversuchen angelegt, die laufend kontrolliert werden. Ergebnisse dieser neu angelegten Versuche, in denen sowohl in der Heide wie im Flottsandgebiet die Auswirkungen von Vollumbruch, Tiefumbruch und Rome-Bearbeitung allein oder in Kombination überprüft werden, sind erst in einigen Jahren zu erwarten. Im Folgenden soll daher anhand entsprechender Untersuchungen an älteren Meliorationsversuchen und allgemeiner bodenkundlicher Überlegungen ein vorläufiger Überblick versucht werden. Dabei wird der Effekt einer Bodenbearbeitung allgemein und ohne Bezug auf ein bestimmtes technisches Verfahren abgehandelt.

*) D-34 Göttingen, Büsgenweg 2

## 2. Beeinflussung des physikalischen Bodenzustandes

Das älteste Ziel meliorativer Bodenbearbeitung war die Beseitigung von wurzelundurchlässigen Ortstein- oder Orterde-Horizonten oder -bändern in Podsolen, die sich unter der durch menschlichen Einfluß verbreiteten Calluna-Heide besonders ausgeprägt entwickelt hatten (Emeis, 3). Sofern der Ortstein-Horizont so flach anstand, daß er eine ausreichende Tiefenentwicklung der Wurzel entscheidend behinderte, aber vom Pflug doch noch unterfahren und gebrochen werden konnte, hat sich diese meliorative Bodenbearbeitung voll bewährt, und sie wird heute noch z. B. in Schottland in großem Maßstab angewendet. Die durch die Brechung des Ortsteins erfolgte Öffnung des Wurzelraumes nach unten hat unter sonst günstigen Klima- und Bodenverhältnissen und über die Vergrößerung des für die Pflanze erschließbaren Bodenvolumens und damit der nutzbaren Speicherkapazität für Wasser und Nährstoffe wie K, Ca und Mg sogar den Anbau anspruchsvoller und leistungsfähiger Baumarten erlaubt.

Die Masse der Sande mittleren und höheren Silikatgehaltes im nordwestdeutschen Diluvium kann im Hinblick auf Bodenbearbeitung als indifferent angesehen werden. Da wurzelundurchlässige Schichten fehlen, bringt eine Bodenbearbeitung keine physikalische Verbesserung des Standorts, sie verschlechtert ihn aber auch nicht, da der Sandboden nach der Bearbeitung rasch seiner vorherigen Lagerungsart (Einzelkorngefüge) und Lagerungsdichte wieder zustrebt.

Allerdings sind im Zuge immer intensiverer und tiefer greifender Bodenvorarbeiten bei Ödland- und Heideaufforstungen im nordwestdeutschen Raume auch solche Standorte mit erfaßt worden, deren sowieso schon beanspruchter Wasserhaushalt durch die Bearbeitung nicht verbessert sondern verschlechtert wurde. Dergleichen ist eingetreten auf sehr durchlässigen und grundwasserfernen armen Sanden mit Horizonten oder Bändern im Unterboden, die durch Inkrustierung wohl weitgehend wurzelundurchlässig geworden waren, durch ihre tiefere Lage aber die Wurzelentwicklung, selbst der Kiefer, nicht mehr entscheidend behinderten und andererseits einen leichten Wasserrückstau verursachten, durch den die mangelnde Tiefenentwicklung von Pfahlwurzeln oder wassersuchenden Wurzelsenkern aus Lateralwurzeln aufgewogen wurde. Der Verlust dieser zusätzlichen Feuchtigkeitsversorgung durch Unterfahren und Aufbrechen der stauenden Schicht mit dem Pflug ist für die Pflanze deshalb nicht auszugleichen, weil die Wurzel auf armen und hoch aufgeschütteten Sanden mit minimalem oder gar keinem Feinporenvolumen und entsprechend schnell durchlaufenden Feuchtigkeitsfronten keinen Anreiz hat, in größere Tiefen vorzudringen und sich das vergrößerte Bodenvolumen zu erschließen.

Auch die Veränderung des Oberbodenzustandes hat Rückwirkungen auf den Wasserhaushalt. Durch die Bodenbearbeitung wird ein vorhandener Auflagehumus mehr oder weniger tief und gleichmäßig in den Mineralboden eingemischt. Bei wenig günstigen Zersetzungsbedingungen wird so der größte Teil der Wasserspeicherkapazität des Auflagehumus in den Mineralboden verlagert. In der Regel wird jedoch durch den Eingriff die Zersetzung des Auflagehumus so angeregt, daß es zu keiner längerfristigen Erhöhung des Humusgehalts im Mineralboden kommt — der

Humusspiegel im Boden ist vielmehr eine Funktion der Vegetation und läßt sich am leichtesten durch Eingriffe in die Vegetationszusammensetzung regeln.

Am Übergang von einer Schicht mit mehr Feinporen- zu einer mit mehr Grobporenvolumen bilden sich aufgrund stärkerer Adhäsionskräfte in engeren Poren hängende Wassersäulen, die erst bei höheren Drucken, z. B. bei größerem Wassernachschub durch Starkregen, reißen, sonst jedoch die mit den häufigeren schwächeren Regen eindringenden Wassermengen vorübergehend noch stauen können und damit die Versickerung verlangsamen. Die Beseitigung eines durch Humusanteile feinporigeren, wenn auch geringmächtigen Oberboden-Horizontes — z. B. eines typischen $A_{eh}$-Horizontes — hat daher den Verlust desjenigen Wassers zur Folge, das durch die in den Bleicherde-Horizont ($A_e$) hineinreichenden sog. „hängenden Menisken" zusätzlich kurzfristig dem Bestand zur Verfügung steht.

Auf basenarmen, durchlässigen Sandböden, vor allem im kontinental getönten Klimaraum, sind demnach durch undifferenzierte Bodenbearbeitungen nachteilige Folgen für den Wasserhaushalt möglich.

Andererseits gilt freilich, daß je schwerer die Bodenart und je höher der Tongehalt ist, desto eher die Gefahr besteht, daß eine Bodenbearbeitung den gewünschten Struktureffekt nicht erzielt oder zu Strukturverschlechterungen führt. Ursache dafür ist hier eine durch Druck- und Schwerkraft bewirkte planparallele Orientierung von Tonmineralblättchen an Aggregatoberflächen (bes. bei Tonböden) oder eine hohe Verschlämmungsneigung der Bodenoberfläche bei der Einwirkung von Regen (bes. bei Schluffböden). In beiden Fällen bildet sich eine mikroskopisch dünne Tonschicht sehr geringer Durchlässigkeit auf den Aggregatoberflächen im Boden bzw. an der Bodenoberfläche. Im ersteren Fall werden die Aggregate nicht mehr durchwurzelt, die Durchwurzelung beschränkt sich auf die Hohlräume zwischen den Aggregaten, trotz u. U. gleichem Wurzeltiefgang entsteht also ein Verlust an durchwurzelbarem Bodenvolumen. Im zweiten Fall wird die Infiltration von Wasser in den Boden beeinträchtigt, es kommt zu Oberflächenabfluß und Verdunstung, und es wird der Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre und damit die Sauerstoffversorgung der Pflanzen im Wurzelraum beeinträchtigt. Man findet diese Erscheinung recht häufig in Kämpen, besonders wenn die Humuswirtschaft (Gründüngung, Kompost, Streubeete) vernachlässigt wird.

Diese ungünstigen Auswirkungen einer Bodenbearbeitung auf die Bodenstruktur hängen jedoch nicht nur von der Bodenart, sondern auch vom chemischen Bodenzustand ab. Am gefährdetsten sind humusarme Böden mit vorwiegender Ca-Belegung, aber ohne freien Kalk, also Böden im pH-Bereich zwischen 5,5 und 7. Die Stabilität der Tonaggregate ist in diesem pH-Bereich gering, die Auswirkung von Druck- und Scherkräften und der aufschlagenden Regentropfen entsprechend groß. Im pH-Bereich zwischen 3 und 4,5, in dem fast alle sauren Waldböden sich befinden, ist die Stabilität der Tonaggregate jedoch als Folge der hier vorherrschenden Al-Belegung so hoch, daß eine nachteilige Beeinflussung der Bodenstruktur durch Bodenbearbeitung fast genauso wenig eintritt wie bei besseren Geschiebesandböden. Ausgenommen seien Schluffböden (Parabraunerden aus Löß und Flottsand), die bei niedrigem Tongehalt auch bei tiefen pH-Werten eine geringe Aggregatstabilität besonders gegenüber der Schlagwirkung der Regentropfen aufweisen. Die dadurch bedingte Verschlämmungsneigung macht sich besonders dann bemerkbar, wenn bei mitteltiefer Bearbeitung humusarmes Material des tonarmen Al-Horizonts an die Bodenoberfläche kommt. Auf solchen Böden wäre eine tiefere Bearbeitung, die tonreicheres Material aus dem Bt-Horizont an die Bodenoberfläche bringt, daher vorzuziehen.

Ein in der Forstwirtschaft noch kaum bearbeitetes Problem ist die meliorative Bodenbearbeitung staunasser Böden. Zweck ist es, durch eine mindestens 60 - 80 cm tiefe Bearbeitung den dicht gelagerten, undurchlässigen und stauenden Unterboden der staunassen Böden (Stagnogleye, Pseudogleye und Parabraunerden-Pseudogleye) zu lockern und ihm ein Gefüge zu verleihen, das zwischen den Aggregaten einen ausreichend hohen Anteil luft- und sickerwasserführender Poren aufweist. Voraussetzung für einen durchschlagenden Erfolg ist, daß der stauende Unterboden (Sd-Horizont) unterfahren wird und somit das Sickerwasser nach unten abziehen kann. Wo diese Voraussetzungen nicht gegeben sind, ist ein Teilerfolg besonders in geneigten Lagen dennoch zu erwarten: Die Absenkung der Stausohle auf 60 - 80 cm kann besonders bei der Möglichkeit eines seitlichen Wasserabflusses im Boden zu einer bereits erheblichen Vertiefung des Wurzelraumes mit all seinen positiven Folgen für den Bestand führen.

Weitere Voraussetzungen für das Gelingen liegen in Struktur und Feuchte des $S_d$-Horizontes zum Zeitpunkt der Bodenbearbeitung. Besitzt der $S_d$-Horizont ein kohärentes Gefüge (zu den bodenkundlichen Begriffen vgl. „Forstliche Standortsaufnahme"). und zeigt er auch beim Austrocknen kein Polyedergefüge, so ist die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Dichtlagerung groß. In der Regel zergliedern sich jedoch die im nassen Zustand kohärent erscheinenden $S_d$-Horizonte beim Austrocknen in Prismen und diese weiter in Polyeder. Die Tiefenbearbeitung solcher Böden erscheint dann erfolgversprechend, wenn die Bodenbearbeitung im richtigen Feuchtezustand erfolgt: Nicht bei zu nassem Boden, weil wegen der dann hohen Plastizität die Zerteilung in Aggregate (Polyeder) ausbleibt, und nicht bei zu trockenem Boden, weil der dann zu hohe Zugkraftwiderstand zu flacherer Bearbeitung Veranlassung gibt. Für die Landwirtschaft sind speziell für diesen Meliorationszweck Lockerungsgeräte entwickelt worden (z. B. Schwenkhublockerer nach SCHULTE-KARRING) (8), die bei erträglichem Zugkraftbedarf durch zapfwellenbetriebene Eigenbewegungen des Lockerungsschars eine Tiefenlockerung ohne Umbruch erlauben. Da sich der finanzielle Aufwand für den Einsatz dieser Geräte in vertretbaren Grenzen hält, ist es dringlich, der Frage der Lockerungsmelioration staunasser Waldböden nachzugehen, könnte sie doch durch Verringerung der Windwurfanfälligkeit und des Fichtensterbens nach extremen Trockenjahren (1947, 1959) zu einer erheblich höheren Sicherheit der Fichtenwirtschaft beitragen wie auch neue Möglichkeiten für die Baumartenwahl eröffnen. Erste Versuche hierzu werden vom Institut für Waldbau in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bodenkunde und Waldernährung im hessischen Forstamt Gahrenberg angestellt (BONNEMANN, 1).

Wie die Überlegungen bereits gezeigt haben, ist der Luft-, aber auch der Wärmehaushalt des Bodens eng mit dem Wasserhaushalt verknüpft. Vereinfachend läßt sich sagen, daß mit der durch Bodenbearbeitung angestrebten oder erzielten Optimierung des Bodenwasserhaushaltes auch Luft- und Wärmehaushalt den standörtlichen Bedingungen entsprechend optimiert werden. Wegen der hohen spezifischen Wärme des Wassers im Vergleich zur Luft oder zur Bodenfestsubstanz erwärmen sich nasse Böden im Frühjahr langsam, sind also „kalte" Böden. Die Beseitigung von Stauwasser verbessert also über die nunmehr Luft statt Stauwasser führenden Poren den Lufthaushalt und ermöglicht gleichzeitig eine raschere Erwärmung des Bodens im Frühjahr.

### 3. Beeinflussung des chemischen Bodenzustandes

Es will zwar auf den ersten Blick nicht einleuchten, daß durch Bodenbearbeitung der chemische Bodenzustand beeinflußt werden kann, doch ist dies insbesondere dadurch gegeben, daß mit einer Bodenbearbeitung stets erhebliche Eingriffe in die Lagerung und Struktur der oberen humusreichen Bodenhorizonte verknüpft sind. Wenn ein Waldboden umgebrochen wird, finden sich Auflagehumus und $A_h$-Horizont mit den in ihnen enthaltenen erheblichen Vor-

räten an umsetzbaren Nährstoffen in irgendwelchen unteren Teilen des Bodenprofils. Während sich die Umsetzungsvorgänge an diesen Nährstoffvorräten im Altbestand stets im oder dicht oberhalb des Bodenraumes mit der intensivsten Durchwurzelung vollziehen, ist nach der Bodenbearbeitung die Vegetationsdecke zunächst spärlich und die Umsetzungsvorgänge im früheren Auflagehumus spielen sich unterhalb des zunächst sehr flachen Wurzelraumes ab.

Es ist für den Bestand und für die Erhaltung der in der Humusauflage gespeicherten Nährstoffvorräte von großer Bedeutung, ob sich die Humusvorräte ober- oder unterhalb des Wurzelraumes befinden. Bei der Mineralisierung der organischen Substanz gehen die Nährstoffe in das Bodenwasser über und sie werden mit diesem im Bodenprofil nach unten verlagert, wenn sie nicht durch Wurzeln aus der Bodenlösung wieder aufgenommen und zurück in die Vegetationsdecke transportiert werden können. Jede Beeinträchtigung der Wasser- und Nährstoffpumpwirkung der Vegetation kann also zu Nährstoffverlusten aus dem Wurzelraum durch Tiefenverlagerung führen. Bei der Bodenbearbeitung wirken insgesamt vier Effekte in Richtung von Nährstoffverlusten:

1. Die Einarbeitung der Humusvorräte in zunächst nicht durchwurzelte Tiefen,
2. die Stimulierung der Humuszersetzung durch die Änderung der mikroklimatischen Verhältnisse; als Folge der Bodenbearbeitung werden also in der Zeiteinheit mehr Nährstoffe aus dem Humus in das Bodenwasser übertreten.
3. Die höhere Sickerwassermenge bei fehlender Vegetation (fehlende Transpiration),
4. die fehlende Nährstoffpumpwirkung der Vegetation.

Die Nährstoffvorräte im Auflagehumus lassen sich näherungsweise aus den in Tab. 1 zusammengestellten Angaben über mittlere Nährstoffgehalte im Auflagehumus und aus der Auflagehumusmenge berechnen.

Tabelle 1
**Nährstoffgehalte im Auflagehumus in kg/t organischer Substanz**

| Na | K | Ca | Mg | Al | Fe | Mn | N | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,2-0,3 | 0,6-1,5 | 1,5-3 | 0,4-0,6 | 4-7 | 4-7 | 0,3-0,4 | 15-20 | 0,6-1,2 |

Die Auflagehumusmenge liegt in bodensauren Fichten- und Kiefernwäldern zwischen 50 und 150 t organische Substanz pro ha, wobei in Fichten-Altbeständen Werte um 120 t am häufigsten sind. Rechnet man mit 100 t, so sieht man sofort, daß im Auflagehumus K-, Mg- und P-Mengen gespeichert sind, die etwa der Höhe einer Düngergabe entsprechen, deren Ersatz also nicht allzu teuer ist, während die N-Vorräte im Auflagehumus etwa beim 10fachen einer üblichen N-Düngergabe liegen. Am ehesten ist eine ungünstige Rückwirkung der Bodenbearbeitung daher über Verluste aus dem N-Vorrat beim N-Haushalt am Standort zu erwarten.

## 4. Bodenbearbeitung und Düngung

### *4.1 Möglichkeiten*

Es ist naheliegend, wenn auch nicht gebräuchlich, den Aufwand einer Bodenbearbeitung durch gleichzeitige Düngung zusätzlich zu rechtfertigen. Bei der Kopplung von Bodenbearbeitung und Düngung können durch Einsatz entsprechender Zusatzgeräte die Ausbringungskosten für die Düngung niedrig gehalten werden.

Wirtschaftliches Ziel einer vor der Kulturbegründung auf der Kahlfläche erfolgenden Düngung kann sein:

a) Sicherung der Kultur vor Schäden durch Insekten, Wild, Frost, Nährstoffmangel,
b) Erziehung eines gleichmäßigen Aufwuchses als Voraussetzung für mechanische Läuterung,
c) Steuerung der Baumartenzusammensetzung (Förderung anspruchsvollerer Baumarten),
d) Steigerung des Holzertrags über Zuwachsvermehrung und/oder Umtriebszeitverkürzung,
e) Melioration des Bodens als Voraussetzung für ein ausreichend rasches Wachstum der — aus welchen Gründen auch immer — vorgesehenen Baumarten.

Zur Sicherung der Kultur, Erziehung eines gleichmäßigen Aufwuchses und Förderung anspruchsvollerer Baumarten kommt eine Kalkphosphatdüngung in Höhe von 20 dz CaO/ha in Form von kohlensaurem Kalk oder Hüttenkalk und 150 - 200 kg $P_2O_5$ pro ha in Form von Thomasmehl, weicherdigen Phosphaten oder Rhenaniaphosphat in Frage, die nach Schlagräumung, aber vor Beginn oder mit dem ersten Gang der Bodenbearbeitung ausgebracht werden soll. Auf den sauren Böden aus pleistocänen sandigen Lockersedimenten im norddeutschen Flachland kann besonders zu Kiefer eine K Mg-Düngung in Höhe von 100 kg $K_2O$/ha als Kalimagnesia zur Verhinderung der Gelbspitzigkeit erforderlich sein.

Auf die Chancen, durch Bodenbearbeitung und Düngung zur Kultur eine nachhaltige Zuwachssteigerung zu erzielen, wird in Abschn. 6 noch eingegangen. Die dafür erforderliche Düngung hat als Grundlage die bereits genannte Kalkphosphatdüngung, die also einen doppelten Zweck erfüllt. Bei Fichten- oder Kiefernbeständen reicht die Kalkmenge von 20 dz CaO/ha aus, um für etwa 50 Jahre die weitere Versauerung des Bodens zu stoppen. Sowohl die Kalk- wie auch die Phosphatdüngung haben insbesondere den Zweck, über eine günstige Beeinflussung des biologischen Bodenzustandes die Streuzersetzung und damit die Humusform und den Nährstoffkreislauf, vor allem von Stickstoff, zu verbessern, dessen Angebot im Boden bei der weitaus überwiegenden Anzahl von Nadelholzbeständen als zuwachsbegrenzender Faktor wirksam sein dürfte. Der Nachteil der Kalkphosphatdüngung ist besonders bei flacher oder fehlender Einarbeitung eine oft erhebliche Steigerung des Unkrautwuchses, was zwar die Nährstoffauswaschungsverluste vermindert, die Entwicklung der Kultur jedoch beeinträchtigen bzw. weitere Aufwendungen für die Unkrautbekämpfung verursachen kann. Dem läßt sich jedoch durch eine entsprechende Einarbeitung erheblich vorbeugen. Im Laufe der Bestandesentwicklung ist diese Grunddüngung von P und Ca durch gezielte, dem Nährstoffbedarf des Bestandes entsprechende Nährstoffzufuhr insbesondere von N zu ergänzen.

Die Meliorationsdüngung hat die Aufgabe, die Bodenversauerung mehr oder minder weitgehend rückgängig zu machen, wobei die Kalkgaben je nach Bearbeitungstiefe, Bodenart und Versauerungsgrad erhebliches Ausmaß (40 bis über 100 dz CaO/ha, zur Berechnung siehe Ulrich, 9, 10) erreichen können. Um einen nachhaltigen Effekt zu erzielen, sollte die Bearbeitungstiefe möglichst groß gewählt werden und die aufgrund von Bodenuntersuchungen berechnete Kalkmenge möglichst gleichmäßig über die Bearbeitungstiefe verteilt werden. Eine solche Maßnahme sollte stets mit einer Phosphatvorratsdüngung gekoppelt werden, deren Höhe nicht durch bodenkundliche, sondern durch finanzielle Erwägungen begrenzt wird (z. B. 200 - 300 kg $P_2O_5$/ha). Eine solche Melioration ist nicht rationell, wenn auf der Fläche erneut Nadelhölzer angebaut werden sollen. Baumarten wie Fichte und Kiefer reagieren auf eine beträchtliche pH-Erhöhung im Boden nicht mit entsprechend größerer Leistung. Aufgrund ihres spezifischen Nährstoffumsatzes über Streufall und Kronenauswaschung erreichen diese Baumarten den stationären Zustand auf sauren Böden, weniger saure Böden werden daher entsprechend beeinflußt, d. h. im pH-Wert abgesenkt.

### *4.2 Untersuchungsergebnisse zur Wirkung von Bodenbearbeitung und Düngung auf die Nährstoffvorräte im Boden*

Die folgenden experimentellen Ergebnisse entstammen der Untersuchung von Bodenbearbeitungs- und Düngungsflächen, die von Hassenkamp (4, 5) im Forstamt Syke auf Pseudogley-Parabraun-

erde aus Flottsand angelegt wurden und über die bereits WITTICH (17, 18, 19) und MILLER (6) berichtet haben. Die Angaben über C- und N-Vorräte stammen aus der Arbeit von MILLER, die Vorräte an Kationen (Na, K, Ca, Mg, Al) wurden in den von MILLER volumetrisch entnommenen Bodenproben bestimmt, und zwar im Auflagehumus durch Aschenanalyse, im Mineralboden durch Austausch mit 1 n $NH_4Cl$ im Perkolationsverfahren (ULRICH, 11). Die Summe der austauschbaren Kationenäquivalente wird als effektive Austauschkapazität ($AK_e$) bezeichnet, sie gibt die Speicherkapazität des Bodens für austauschbare Kationen ohne den Anteil der pH-abhängigen Austauschkapazität an.

Die insgesamt 40 Versuchsflächen werden gemäß Tab. 2 zu Gruppen zusammengefaßt, die Prüfung auf signifikante Unterschiede der Gruppen B bis E von der Ausgangslage A erfolgte mittels t-Test.

#### 4.2.1 Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz

Abb. 1 enthält die Ergebnisse der C- und N-Bilanz. Die Altbestände (A) weisen bis 50 cm Tiefe einen C-Vorrat von 110 t/ha auf, wovon über die Hälfte im Auflagehumus lokalisiert ist. Der N-Vorrat ist mit 3.800 kg/ha nicht allzu groß, 1.700 kg N befinden sich im Auflagehumus.

Die Bestandeskalkung (B) mit keiner oder nur schwacher Bodenbearbeitung (Spatenrollegge) führt zu C- und N-Verlusten vorwiegend aus dem Auflagehumus. Die N-Verluste von 480 kg/ha sind nicht gesichert, stimmen jedoch mit anderen Untersuchungen überein (ULRICH et al., 10: N-Verlust bei Bestandeskalkung zu Fichte 467 kg/ha). Das C/N-Verhältnis des Verlustes ist mit 28,8 enger als das des Auflagehumus, es sind als bevorzugt stickstoffreichere Verbindungen mineralisiert worden. Trotzdem hat sich das C/N-Verhältnis im Auflagehumus verengt, dagegen im Mineralboden erweitert. Die Auswirkungen der Bestandeskalkung auf den N-Haushalt sind also zumindest zweifelhaft, wenn nicht ungünstig.

Der mehrfache Vollumbruch bis 25 cm Tiefe (C) hat nach 10 Jahren zu Nettoverlusten von 34 t C und 280 kg N geführt. Bei der Beurteilung des N-Verlustes ist zu berücksichtigen, daß hierin auch die im neuen Bestand einschließlich Bodenvegetation enthaltenen N-Mengen eingeschlossen sind, die von MILLER mit 200 - 350 kg N/ha geschätzt wurden. Der eingearbeitete Auflagehumus hat zu signifikanten Erhöhungen des C- und N-Vorrates bis 50 cm Tiefe geführt, wobei offen bleiben muß, welche Rolle hierbei die landwirtschaftliche Zwischennutzung sowie der Anbau von Waldstaudenroggen, gelber Lupine (vor der Kultur) und Weißerle (mit der Kultur) gespielt haben. Das C/N-Verhältnis des Verlustes liegt bei 112, es wurde bis 20 cm Tiefe signifikant beträchtlich verengt, die Auswirkung der durchgeführten Maßnahmen auf den N-Haushalt ist also eindeutig günstig.

Die nur flache, maximal bis 10 cm in den Mineralboden reichende Bodenbearbeitung mit der Fräse (D) hat zu C-Verlusten ähnlichen Ausmaßes, aber zu höheren N-Verlusten (610 kg/ha) Veranlassung gegeben. Der Humusvorrat wurde besonders in der Tiefe 0 - 10 cm beträchtlich erhöht, unter 20 cm nicht mehr oder nur geringfügig. Dasselbe gilt für N. Das C/N-Verhältnis des Verlustes von 53 zeigt an, daß bei den durch die Bodenbearbeitung ausgelösten Umsetzungen der N-Vorrat zwar mehr geschont wurde als bei der Bestandeskalkung, jedoch nicht so wie beim Verfahren C.

Die gleiche flache Bodenbearbeitung mit der Fräse, aber kombiniert mit dem Mitanbau von Leguminosen (Lupine, Ginster, Erle), hat bei gleichen C-Verlusten die N-Verluste reduziert (bzw. den zunächst eingetretenen N-Verlust durch Bindung von Stickstoff zeitweise kompensiert), gleichzeitig reicht die Humusanreicherung etwas tiefer in den Unterboden und ist der neugebildete Auflagehumus stickstoffreicher.

#### 4.2.2 Calciumbilanz und Bodenversauerung

Abb. 2 enthält die Bilanzen für die umsetzbaren Bodenvorräte an Ca, Al und für die effektive Austauschkapazität $AK_e$. Die Altbestände weisen im Mineralboden nur sehr geringe Vorräte an austauschbarem Ca auf, rund $^2/_3$ des umsetzbaren Ca sind im Auflagehumus gespeichert. Dies zeigt, daß auch für den Ca-Haushalt am Standort der Auflagehumus große Bedeutung besitzt. Der größte Teil der $AK_e$, also der Speicherkapazität für austauschbare Kationen, wird bei diesen unter früherer Heidevegetation und Plaggennutzung stark versauerten und verarmten Böden von Al-Ionen eingenommen.

11 Jahre nach Bestandeskalkung (B) mit im Mittel 4060 kg CaO/ha entsprechend 145 kval Ca befinden sich noch 91 kval Ca der Düngung im Boden, also 63 %. Auch dieses Ergebnis stimmt überein mit Untersuchungen an anderen Standorten zu Fichte (ULRICH et al., 10 : 77 % einer Ca-Gabe von 3000 dz CaO/ha). Die Differenz ist fast ausschließlich auf Ca-Auswaschung zurückzuführen, da Fichten- und Kiefernbestände bei höherem Ca-Angebot kaum mehr Ca in der oberirdischen Bestandesmasse zu speichern in der Lage sind. Verglichen mit der Höhe der Kalkgabe oder dem Ausmaß der Ca-Auswaschung ist die Zunahme von Ca im Mineralboden gering, obwohl sie dort bis zur Tiefe von 40 cm zur Verdoppelung des autauschbaren Ca-Vorrats führt. Das austauschbare Al wird allerdings nur in der Tiefe 0 - 10 cm merklich verringert, darunter ist die Abnahme im Al so groß wie die Abnahme in der $AK_e$, wobei letzteres auf geringfügige Unterschiede in der Bodenart zwischen Altbeständen und Versuchsflächen hinweist. Die fehlende Verminderung des Al in den Tiefenstufen unter 10 cm besagt, daß die Kalkdüngung hier keine Wirkung in Richtung auf eine Verminderung der Bodenversauerung mehr hatte. Der aus-

Tabelle 2
**Bodenbearbeitung und Düngung der Versuchsflächen**

| n | | Baumart | Alter | Bodenbearbeitung | Düngung N | kg/ha $P_2O_5$ | $K_2O$ | CaO | Zeit * |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 8 | Ki, Ki - Fi | 67 - 120 | — | — | — | — | — | — |
| B | 5 | Ki, Ki - Fi | 67 - 100 | z. T. Spatenrollegge | — | — | — | 3000 - 6000 | 11 - 12 |
| C | 7 | Ki, Fi, Er, Ah, Li | 10 | mehrf. Vollumbruch bis 25 cm | 45 | 142<br>306 | C1 : 126<br>C2 : 611 | 2210<br>500 | 10 - 14<br>6 |
| D | 7 | Ki, Ki - Fi, Ki - Lä | 20 | Fräse bis 10 cm, z. T. landw. Zwischennutzung | 45 | z. T.<br>142 | z. T.<br>140 - 224 | 2000 - 2260 | 20 - 23 |
| E | 13 | Ki, z. T. mit Fi, Dgl, Lä | 20 - 26 | Fräse bis 10 cm, z. T. landw. Bodennutzung Mitanbau v. Leguminosen | 42 | 110 - 146 | 140 - 224 | 2000 - 2500 | 20 - 26 |

* Jahre vor Probenahme

| C | N | C/N |
|---|---|---|
| t/ha | t/ha | |
| 57,9 | 1,70 | 34,4 |
| 22,4 | 0,76 | 29,6 |
| 11,7 | 0,41 | 28,6 |
| 7,6 | 0,34 | 22,5 |
| 5,5 | 0,31 | 18,2 |
| 4,3 | 0,25 | 17,0 |
| 109,4 | 3,76 | 29,1 |
| Differenz zu Altbeständen | | |
| -14 n.s. | -0,40 n.s. | -1,6 n.s. |
| - 1 n.s. | -0,08 n.s. | +1,6 n.s. |
| + 1 n.s. | 0 | +2,3 n.s. |
| 0 | +0,01 n.s. | +1,2 n.s. |
| 0 | 0 | +0,6 n.s. |
| 0 | -0,02 n.s. | +0,2 n.s. |
| -13,8 n.s. | -0,48 n.s. | 28,8 |
| | | |
| -55 *** | -1,58 *** | -10,0 ** |
| - 1 n.s. | +0,27 * | - 9,1 *** |
| + 9 *** | +0,48 *** | - 4,5 ** |
| + 9 *** | +0,35 *** | + 1,4 n.s. |
| + 4 ** | +0,15 ** | + 1,6 n.s. |
| 0 | +0,06 ** | - 2,3 n.s. |
| -34,1 *** | -0,28 n.s. | 112 |
| | | |
| -52 *** | -1,51 *** | - 2,1 n.s. |
| +12 ** | +0,58 *** | - 3,7 * |
| + 6 ** | +0,23 ** | - 2,3 n.s. |
| + 2 * | +0,08 ** | + 0,2 n.s. |
| 0 | +0,01 n.s. | - 0,3 n.s. |
| 0 | 0 | - 1,1 n.s. |
| -32,1 *** | -0,61 ** | 53. |
| | | |
| -50 *** | -1,38 *** | - 9,5 *** |
| + 9 *** | +0,67 *** | - 7,4 *** |
| + 5 ** | +0,27 *** | - 3,6 ** |
| + 3 ** | +0,11 ** | + 0,6 n.s. |
| + 1 n.s. | +0,04 n.s. | + 0,5 n.s. |
| 0 | 0 | + 0,3 n.s. |
| -32,0 *** | -0,29 n.s. | 111 |

C: [horizontal hatching]
N: [open box]

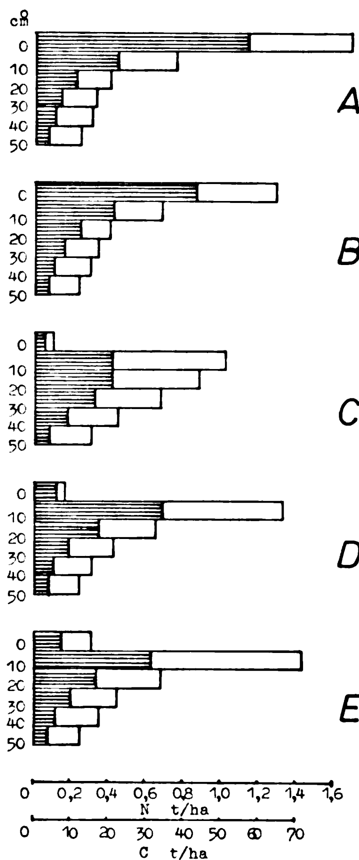



**Abbildung 1**
**Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz von Bodenbearbeitungsflächen im Forstamt Syke**

| $Ak_e$ | Ca | Al |
|---|---|---|
| (kval/ha) | (kval/ha) | (kval/ha) |
| | 16,8 | 49 |
| 53 | 2,7 | 38 |
| 33 | 1,1 | 28 |
| 30 | 0,9 | 26 |
| 31 | 1,0 | 26 |
| 40 | 1,4 | 35 |
| 186,8 | 23,9 | 201,8 |
| Differenz zu Altbeständen | | |
| | +74,7 *** | +5 n.s. |
| + 1 n.s. | +11,9 ** | -7 n.s. |
| + 2 n.s. | + 1,9 * | 0 |
| - 2 n.s. | + 1,1 * | -2 n.s. |
| - 2 n.s. | + 0,8 n.s. | -3 n.s. |
| - 2 n.s. | + o,5 n.s. | -2 n.s. |
| - 3 n.s. | +90,8 *** | -10 n.s. |
| | | |
| | -12,7 ** | -46 *** |
| -11 ** | + 9,7 ** | -16 ** |
| +10 ** | + 6,7 ** | + 1 n.s. |
| +10 ** | + 6,8 ** | + 1 n.s. |
| - 1 n.s. | + 2,0 ** | - 4 n.s. |
| - 8 n.s. | + 0,8 n.s. | -10 n.s. |
| 0 | +13,3 * | -73 *** |
| | | |
| | -13,7 *** | -44 *** |
| +14 n.s. | +40,8 ** | -23 ** |
| + 7 * | +11,5 ** | - 5 n.s. |
| + 1 n.s. | + 2,1 ** | - 1 n.s. |
| + 1 n.s. | + 0,6 n.s. | 0 |
| - 3 n.s. | + 0,4 n.s. | - 3 n.s. |
| +22 n.s. | +41,6 * | -77 ** |
| | | |
| | -12,9 *** | -42 *** |
| 0 | +16,4 ** | -15 ** |
| + 6 * | +10,1 ** | - 6 * |
| - 3 n.s. | + 3,6 ** | - 8 ** |
| - 6 n.s. | + 2,1 ** | - 8 * |
| -13 * | + 1,3 * | -14 * |
| -16 n.s. | +20,6 * | -93 *** |

Ca: [vertical hatching]
Al: [horizontal hatching]
$Ak_e$: [open box]

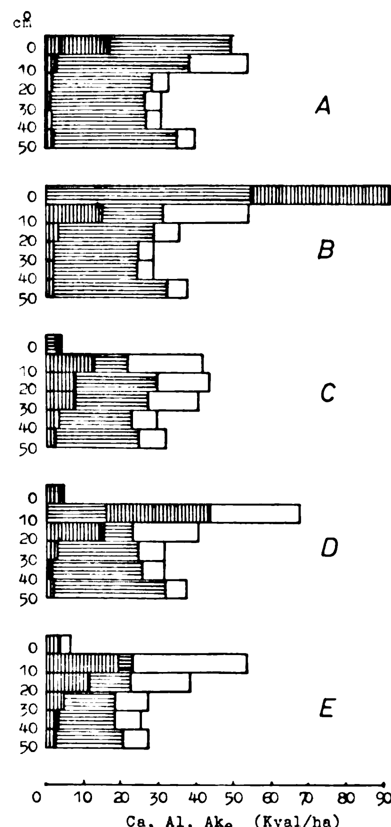



**Abbildung 2**
**Bilanz der effektiven Austauschkapazität $Ak_e$ und der umsetzbaren Ca- und Al-Vorräte von Bodenbearbeitungsflächen im Forstamt Syke**

gewaschene Anteil der Kalkung (54 kval Ca entsprechend 150 kg CaO/ha) hat also keine Rückwirkung auf die Bodenversauerung unterhalb 10 cm Bodentiefe gehabt, die Gründe hierfür wurden andernorts dargelegt (ULRICH, 9).

Bei den Flächen mit mehrfachem Vollumbruch bis 25 cm Tiefe hat die Kalkdüngung im Mittel 2460 kg CaO/ha entsprechend 88 kval Ca betragen, davon sind 75 kval in Verlust geraten, also mehr als bei der Bestandeskalkung. Bei gleichzeitiger Einarbeitung von Kalk und Auflagehumus setzt sich die Ca-Auswaschung aus drei Komponenten zusammen ((ULRICH, 9). Die erste entspricht dem Al-Vorrat im Auflagehumus (49 kval/ha) und erfolgt in den ersten Jahren nach der Kalkung, die zweite entspricht dem Ca-Vorrat im Auflagehumus und verläuft proportional der Zersetzung des Auflagehumus, die dritte entspricht der Wiederversauerung des Bodens und beträgt jährlich 1 - 2 kval Ca/ha. Als Folge der tieferen Einarbeitung des Kalkes ist die Kalkwirkung besser. In der Tiefenstufe 0 - 10 cm bewirkte die Kalkung eine beträchtliche Erniedrigung des austauschbaren Al (ähnlich wie bei D und E), bis 30 cm Tiefe eine beträchtliche Erhöhung des austauschbaren Ca (bei D und E als Folge der flachen Bodenbearbeitung nur bis 20 cm). Die $AK_e$ hat bis zu den gleichen Tiefen zugenommen, z. T. als Folge des höheren Humusgehaltes, z. T. auch durch Realisierung eines Teils der pH-abhängigen Ladung als Folge eines höheren pH-Wertes.

Der Vergleich von Gruppe D und E läßt die Wirkung des Leguminosen-Mitanbaus erkennen. Sieht man von den Tiefenstufen 0 - 10 cm ab, wo wegen der großen Streuung die Unterschiede in den Ca-Vorräten nicht gesichert werden können, so ergibt sich aus den signifikant höheren Ca-Vorräten bis 50 cm Tiefe die größere Tiefenwirkung der Kalkung bei E. Dies ist eine Folge des hohen Ca-Umsatzes durch Leguminosen. Allerdings wurde dadurch die Bodenversauerung im Unterboden nicht verringert (Abnahme von Al ist gleich groß wie Abnahme von $AK_e$, die Unterschiede zu den Altbeständen beruhen also auf Bodenart-Unterschieden).

4.2.3 Kaliumbilanz

In der in Tab. 3 zusammengestellten Bilanz sind die Flächen der Gruppe C aufgegliedert nach der Höhe der Kalkdüngung (vgl. Tab. 2), die Flächen der Gruppen D und E zusammengefaßt und ebenfalls nach der Höhe der Kalidüngung neu gruppiert. Der umsetzbare Vorrat zu Beginn wurde berechnet als Summe des umsetzbaren K-Vorrats in den Altbeständen (A) und der Düngung. Die Differenz des Vorrats zu Beginn und des nach Versauchsdauer (siehe Tab. 2) gefundenen K-Vorrats ist als Fehlbetrag ausgewiesen. Dieser Fehlbetrag kann auf Auswaschung durch Tiefenverlagerung, Speicherung im Bestand oder Festlegung im Boden (K-Fixierung) zurückzuführen sein. Die Kaliumfixierung spielt in stark sauren Böden mit hoher Al-Belegung praktisch keine Rolle. Die Speicherung im Bestand kann mit 50 - 100 kg $K_2O$ entsprechend ca. 1 - 2 kval K/ha veranschlagt werden. Wenn man den Fehlbetrag um den Speicherungsbetrag mindert, bleibt noch in allen Fällen ein Auswaschungsbetrag übrig, der mit zunehmender Düngung ansteigt und etwa $^2/_3$ der Düngung beträgt.

**5. Beeinflussung des biologischen Bodenzustandes**

In Verbindung mit Düngung, aber auch nur damit, bietet die Bodenbearbeitung die besten Voraussetzungen zu einer raschen und nachhaltigen günstigen Beeinflussung des biologischen Bodenzustandes. Da zwischen biologischem Bodenzustand und Vegetationsform als Streulieferant enge Beziehungen bestehen, kann eine tiefgreifende Änderung des biologischen Bodenzustandes Voraussetzung für den Anbau anspruchsvollerer Baumarten sein. Sie kann, wenn auch langsam und unter Zuwachsverlusten, durch die Baumart unter Mitwirkung der Bodenvegetation selbst ausgelöst werden, und es hat schließlich nur Zweck, eine Verbesserung des biologischen Bodenzustandes im Rahmen der von der Baumart und dem Standort gezogenen Grenzen anzustreben. Durch sorgfältige Beobachtung der Humusform und der Bodenvegetation gutwüchsiger Bestände der verschiedenen Baumarten ist der optimale bodenbiologische Zustand für jede Baumart für den Forstmann erkennbar. Zweck der Verbesserung des bodenbiologischen Zustands ist die Verbesserung des Nährstoffumsatzes am Standort mit dem Ziel besserer Nährstoffversorgung und damit langfristig besserer Zuwachsbedingungen.

Dieses Ziel läßt sich je nach Divergenz zwischen Ausgangszustand und angestrebtem Zustand auf sehr unterschiedlichen Wegen erreichen. Bei geringer Divergenz genügen waldbauliche Maßnahmen wie Durchforstung oder Mitanbau bodenpfleglicher Baumarten. Bei größerer Divergenz kann eine Kalkphosphatdüngung allein oder in Kombination mit waldbaulichen Maßnahmen helfen. Bei sehr großer Divergenz (Heideaufforstung, stark streugenutzte Standorte) ist die Düngung mit Bodenbearbeitung und Leguminosenanbau zu koppeln.

Selbst wenn auf vielen Standorten für einen solchen Eingriff heute keine unbedingte Notwendigkeit mehr besteht, da ein bis zwei Waldgenerationen nach Heide von selbst zu einer Verbesserung des biologischen Bodenzustandes an das untere Niveau der für die Baumart charakteristischen ökologischen Bandbreite führen, sollte doch jede aus arbeits- und betriebswirtschaftlichen Gründen geplante Bodenbearbeitung auch unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung des biologischen Bodenzustands durchgeführt werden, um unnötige Nährstoffverluste, insbesondere von N, zu vermeiden und für einen möglichst großen Teil des Bestandeslebens einen Nährstoffumsatz sicherzustellen, der die von Klima und Wasserhaushalt gezogene Wuchspotenz voll auszuschöpfen gestattet. In der Praxis heißt das, daß die Bodenbearbeitung auf allen bodensauren und in der Humusform des Vorbestandes nicht optimalen Standorten mit einer Leguminosenaussaat zu koppeln wäre. Auf jeden Fall sollte die Unkrautbekämpfung auf das für das Gedeihen der Kultur notwendige Minimum beschränkt werden.

Je günstiger der biologische Bodenzustand, um so besser kann nicht nur das Wachstum der Bäume, sondern auch das der Bodenvegetation und damit des Unkrauts sein. Sowohl um der Kultur einen gewissen Vorsprung zu sichern wie auch um die Zersetzung des eingearbeiteten Humus in die richtigen Bahnen zu lenken, muß die Düngung vor oder mit dem ersten Gang der Bodenbearbeitung ausgebracht werden.

Tabelle 3
Bilanz des umsetzbaren K-Vorrats in kval/ha bis 50 cm Bodentiefe

| | A | C 1 | D + E | D + E | C 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| K-Düngung | 0 | 2,67 | 2,98 | 4,75 | 15,64 |
| umsetzbarer K-Vorrat zu Beginn (berechnet) | 7,31 | 9,98 | 10,29 | 12,06 | 22,95 |
| umsetzbarer K-Vorrat gefunden | 7,31 ± 1,47 | 5,84 ± 0,33 | 6,91 ± 1,82 | 7,12 ± 1,55 | 10,23 ± 1,04 |
| Fehlbetrag | 0 | 4,14 | 3,38 | 4,94 | 12,72 |

## 6. Zuwachssteigerung durch Bodenbearbeitung

Daß mit der Verbesserung des biologischen Bodenzustandes durch Bodenbearbeitung und Düngung z. Z. der Bestandesbegründung deutliche Zuwachssteigerungen einhergehen, ist vielfach nachgewiesen (2, 7, 12, 13, 14, 15). Kiefernkulturen auf biologisch aktiven Oberböden wachsen in ihrer ersten Entwicklungsphase wesentlich frohwüchsiger und geschlossener heran als solche auf nicht aktivierten Flächen.

Sieht man jedoch einmal von denjenigen Standorten ab, die durch eine einmalige intensive Melioration aus einem Zustand anthropogen bedingter Degradation wieder auf das Niveau ihrer natürlichen Leistungskraft gehoben werden können, so zeigt sich in allen anderen Fällen, daß großer Optimismus hinsichtlich der durch einmalige intensive Bodenbearbeitung erzielbaren und über ein ganzes Bestandesleben hin anhaltenden Ertragssteigerungen nicht angebracht ist.

Übereinstimmend kommen nämlich die o. a. Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die auf Vollumbruchflächen begründeten Kiefernkulturen ihre zunächst augenfällige Überlegenheit im Höhenwuchs gegenüber Beständen, bei deren Begründung weniger intensive Bodenbearbeitungen vorausgingen, wie z. B. Streifenkulturen, nur über ca. 10 - 20 Jahre hin halten können. Meistens zeigte sich sogar, daß die oft geschmähte Kiefern-Streifenkultur bereits im Alter 8 - 15 an wieder die größeren Zuwachsraten hatte und dann innerhalb von etwa 10 weiteren Jahren den absoluten Vorsprung der Vollumbruchkulturen wettmachen konnte, um in der folgenden Bestandesentwicklung sogar die bessere Höhenwuchsleistung zu zeigen (Abb. 3).

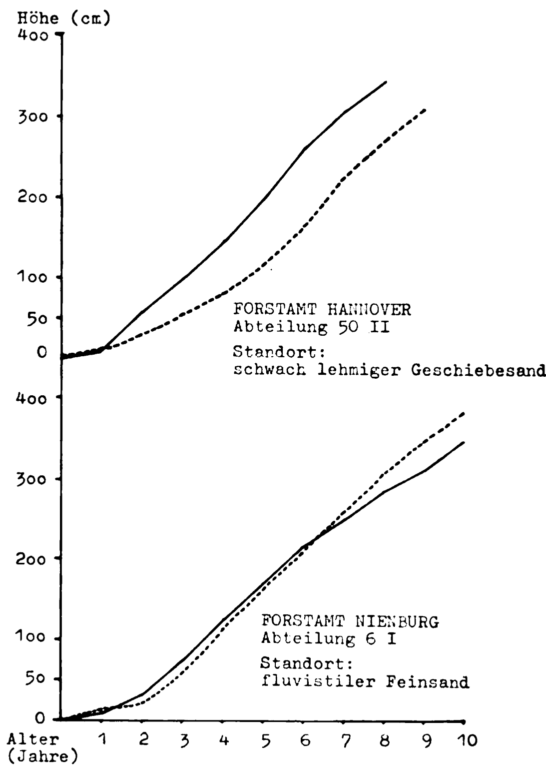



Abbildung 3

Darstellung der Höhenentwicklung von Kiefer auf Vollumbruch und Streifenkultur

Mittel aus 20 herrschenden bis vorherrschenden Kiefern je Bestand
Vollumbruch ——— Streifenkultur - - - - -

*FA Hannover:* Beispiel für Überlegenheit der Vollumbruchkultur im absoluten Höhenzuwachs bis zum Alter 8. Der laufende Zuwachs ist bereits gleich (gleicher Steigungsgrad der Kurven).

*FA Nienburg:* Beispiel für Überlegenheit der Streifenkultur im absoluten Höhenzuwachs schon im Alter von 7 - 8. Die Vollumbruch- und die Streifenkultur wurden mit Ca und K gedüngt.

Dieser Trend zeichnete sich mit geringer zeitlicher Verschiebung selbst dann ab, wenn dem Vollumbruch eine Startdüngung irgendwelcher Art vorausgegangen war oder unmittelbar folgte.

Auf die möglichen Ursachen für dieses „Versagen" der Vollumbruchkulturen wurde im Zusammenhang mit der Erörterung der Nährstoffverluste infolge von intensiven Bodenbearbeitungen bereits eingegangen (s. Abschn. 2). Bei jedem der vier dort genannten Effekte, die bei Bodenbearbeitung in Richtung von Nährstoffverlusten wirken, kann es vor allem zu erheblichen Stickstoffverlusten kommen. Diese Verluste machen sich meistens erst im Dickungs- oder angehenden Stangenholzalter deutlich bemerkbar, wenn die Vorräte an umsetzbarer organischer Substanz vom Vorbestand her aufgezehrt sind und die massenmäßig sehr geringe und biologisch noch weitgehend inaktive Eigenproduktion des Jungbestandes an organischer Substanz (Streu) nicht ausreicht, um die Stickstoffnachlieferung in ausreichendem Maße zu decken. Dies ist der Zeitpunkt, zu dem normal begründete Streifenkulturen meistens schon den Vorsprung einer Vollumbruchkultur wettmachen können, da in den durch den Streifenpflug aufeinandergeklappten und damit wohlkonservierten Auflagehumusdecken, abgelagert in den sog. „Balken", nunmehr infolge der inzwischen sehr viel langsamer in Gang gesetzten biologischen Umsetzung des organischen Materials eine kontinuierliche fließende Stickstoffquelle zur Verfügung steht. Wurzelausgrabungen in Kiefern-Streifenkulturen haben gezeigt, daß die Hauptmasse der Lateralwurzeln in dieser Phase tatsächlich in den Balken entwickelt ist. Auf der Erschließung des hier liegenden Nährstoffreservoirs beruht der nun höhere Zuwachs solcher Bestände, hervorgegangen aus Streifenkulturen.

Bis zu diesem Zeitpunkt ist aber auch der für die zukünftige Qualität des Bestandes entscheidende Differenzierungsprozeß bereits vollzogen. Die Vollumbruchkultur kann die i. a. als Zone der Hauptgefährdung durch biotische und abiotische Schädigungen angesehene Höhe von ca. 2 m so schnell und mit so geringen Ausfällen erreichen, daß ein geschlossenes und homogenes Kollektiv von Pflanzen in das nächste Stadium der Bestandesentwicklung hinein gelangt. Dagegen erfährt die Streifenkultur gerade in dieser längeren Zeit, die sie benötigt, um aus der bodennahen „Zone der Jugendgefahren" herauszuwachsen, eine für die Bestandesqualität entscheidende Differenzierung und Stammzahlverminderung.

Während bei einer Vollumbruchkultur im Forstamt Hannover auf einem mäßig nährstoffversorgten Standort nach 8 Jahren erst knapp 3 % der ursprünglichen Pflanzenzahl ausgefallen waren, vornehmlich übrigens die in die Kiefernkultur eingebrachten Laubmischhölzer, waren bei der gleichaltrigen Streifenkultur auf gleichem Standort bereits über 30 % abgängig. Bei einem 9jährigen Vergleichspaar im Forstamt Nienburg, das auf einem nährstoffarmen Talsand stockt, sind die entsprechenden Prozentsätze 30 bei der Vollumbruch- und 60 bei der Streifenkultur.

Alle hier angezogenen Untersuchungen berücksichtigen allerdings weder die heute überwiegend angewandten Bodenbearbeitungsverfahren (z. B. den Scheibenpflug) noch die Kombination einer Bodenbearbeitung mit standortsgemäßer Düngung. Die in solchem Vorgehen liegenden Möglichkeiten für eine Zuwachssteigerung sind noch nicht ausreichend ertragskundlich untersucht, um ein sicheres Bild zu gewinnen. Allein bei dem so deutlichen Leistungsabfall, den Kiefern-Jungbestände auf intensiv bearbeiteten Böden etwa ab Alter 8 - 12 schon erleiden, erscheint es als wahrscheinlich, daß eine gut gezielte PCa-Düngung z. Z. der Pflanzung oder kurz danach (Stickstoffgabe) den Wuchsrückgang nur abschwächen und verschieben, aber nicht aufheben kann; zumal da Stickstoffdünger nur dann nachhaltige Wirkungen zeigen können, wenn es gelingt, sie in den biologischen Kreislauf am Standort einzuschleusen. Bei

einer Kultur mit ihrer sehr geringen Ausnutzung des vorhandenen Bodenraumes kann das höchstens mit Hilfe einer üppigen Bodenflora geschehen und auch dann nur solange, wie sich die Kultur noch nicht geschlossen und Lichtmangel die Bodenpflanzen noch nicht verdrängt hat. Aus gleichem Grunde kann Unterbau von Lupine bei Reinbeständen von Fichte oder Kiefer als Folgebeständen keine durchschlagende Abhilfe bringen.

Will man also den zu erwartenden Zuwachsrückgang auffangen, so müßte man mit einer Nachdüngung, vor allem von Stickstoff, genau dann ansetzen, wenn die durch Bodenbearbeitung mehr oder weniger intensiv eingemischte und biologisch aktivierte Humusauflage des Vorbestandes und die Streuproduktion der Bodenflora als Quelle der N-Nachlieferung nicht mehr in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen und der laufende Zuwachs abfällt. Das tritt bei Kiefernkulturen einige Jahre nach Bestandesschluß ein — wenn nicht schon früher. Übermannshohe Dickungen aber sind schwer zugänglich und schon gar nicht mit Düngerstreugeräten flächenwirksam zu bearbeiten, so daß die zur Vermeidung von Nährstoffmangelsituationen gerade jetzt notwendige Nachdüngung bisher als zu aufwendig erschien und unterblieb. Wenn die anfängliche Stimulation sowohl biologischer Umsetzungen wie nachfolgend auch des Zuwachses von Kiefernbeständen infolge Intensivbearbeitung erst so stürmisch (und verlustreich) verlaufen und dann so schnell abflauen, daß es zu Störungen in der Nährstoffversorgung und wiederum nachfolgend auch in der allgemeinen Bestandesentwicklung kommt, so muß man wohl von falscher biologischer Steuerung durch diese Eingriffe sprechen. Diese Einschätzung gilt wahrscheinlich auch für Rome-Kulturen. Wir beherrschen also die vorratspflegliche Behandlung des am gegebenen Standort vorhandenen Nährstoffkapitals bisher nur ungenügend. Es kann übrigens nicht ausgeschlossen werden, daß die i. w. durch N-Mangel bedingte „Ermattungsphase" der Bestandesentwicklung unter den hier behandelten Voraussetzungen auch Auswirkungen hat, die über die akute Mangelsituation hinausreichen.

Abhilfe wäre mindestens auf zweierlei Art denkbar: Ein Weg ist mit der Düngung vom Flugzeug aus bereits beschritten, er ist notwendigerweise relativ undifferenziert, teuer und erscheint nur dort als besonders lohnend, wo große Flächen durch unpflegliche Behandlungen, z. B. durch Streunutzung, gleichgerichtete Schädigungen und Mängel aufweisen.

Der andere Weg ist eine langfristig angelegte, schon im Vorbestand beginnende Steuerung des biologischen Bodenzustandes in Richtung auf beschleunigte Streuzersetzung und teilweise Umwandlung des im Auflagehumus gespeicherten Humusvorrats in Mineralbodenhumus. Als Steuerungsmittel bieten sich PCa-Düngung, Standraumregulierung und Lupinenunterbau bzw. Baumartenmischung jeweils im Vorbestand an. Bei der Gesamteinschätzung des Effektes, den Bodenbearbeitungen auf den Zuwachs ausüben, wird man davon ausgehen müssen, daß selbst intensive Verfahren, kombiniert mit gezielter Düngung, heute trotz außerordentlich guter Anfangserfolge noch nicht nachhaltig genug wirken, um eine Baumart über eine ganze Umtriebszeit hin auf ein wesentlich höheres Ertragsniveau zu heben.

## 7. Zusammenfassung

Die Auswirkungen einer Bodenbearbeitung auf den physikalischen Bodenzustand (Luft- und Wasserhaushalt) können sowohl positiv (Brechen wurzelundurchlässiger Ortsteinschichten oder Stausohlen) als auch negativ sein (Förderung der Versickerung in bestimmten Sandböden, hohe Verschlämmungsneigung bei Schluffböden), die Masse der Sandböden ist gegen eine Bodenbearbeitung indifferent. Der chemische Bodenzustand (Nährstoffhaushalt) wird in der Regel durch die als Folge der Zersetzung des eingearbeiteten Auflagehumus auftretenden Nährstoffverluste negativ beeinflußt. Über die Tiefenverlagerung von Nährstoffen nach einer mit Bodenbearbeitung gekoppelten Düngung werden experimentelle Ergebnisse vorgelegt (Verluste von C = 14 - 34 t, N = 300 - 600 kg, Ca = 37 % einer Kalkgabe von 4000 kg CaO/ha, K = 66 % einer Kalidüngung von 120 - 600 kg $K_2O$/ha, alle Werte per ha einer Pseudogley-Parabraunerde aus Flottsand 10 - 20 Jahre nach Düngung und flacher Bodenbearbeitung). Der biologische Bodenzustand läßt sich nachhaltig weniger durch eine Bodenbearbeitung als durch Änderungen in der Vegetation beeinflussen. Der Zuwachsverlauf nach Bodenbearbeitung wird unter dem Gesichtspunkt des Nährstoffhaushalts diskutiert.

## Summary

Title of the paper: *Some aspects of soil preparation in forests.*

Physical conditions of the soil (air and water regime) may be affected by soil preparation favourably (drainage) or unfavourably (excessive rates of lessivation and drainage). Most sandy soils react indifferently. Chemical conditions are as a rule unfavourably affected as a result of rapid mineralization and leaching of incorporated organic matter. Nutrient translocation after preparation-cum-fertilizing on a gley-type parabraunerde has caused losses to the order 14 - 34 t/ha C, 0.3 - 0.6 N, 1.5 CaO and 66 % of a 120 - 600 Kg/ha $K_2O$-application. Soil preparation is less efficient in improving the biological soil condition than choice of species. The increment after soil preparation is discussed in terms of nutrient regime.

E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *La question du travail en forêt du point de vue pédologique.*

Les effets d'un travail du sol sur son état physique (bilan de l'eau et de l'air) peuvent aussi bien être positifs (destruction de l'alios ou des horizons imperméables) que négatifs (augmentation de la perméabilité de certains sols sableux, alourdissement par accumulation d'éléments fins dans des sols limoneux); le travail du sol est sans effet sur la majeure partie des sols sableux.

Sur le plan chimique (bilan des éléments nutritifs) l'effet est généralment négatif par suite des pertes d'éléments nutritifs résultant de la décomposition de l'humus superficiel incorporé au sol. On a donné les résultats expérimentaux relatifs à l'entrainement en profondeur des éléments nutritifs après un travail du sol couplé à une fertilisation (pertes de C = 13 - 34 t, N = 300 - 600 kg, Ca = 37 % d'un apport de Ca sous forme de 400 t/ha de CaO, K = 66 % d'une fumure potassique correspondant à 120 - 600 kg/ha de $K_2O$, toutes ces valeurs étant rapportées à l'ha et concernant un sol brun lessivé — pseudogley sur sable mouilleux, 10 à 20 ans après la fertilisation et le travail superficiel du sol).

Les caractéristiques biologiques du sol sont moins influencées, d'une manière durable, par le travail du sol que par les modifications de la végétation.

Enfin l'évolution de la croissance a été étudiée du point de vue du bilan des éléments nutritifs.

J. M.

## Literaturverzeichnis

1. Bonnemann, A., 1970: Zum Anbau der Fichte auf staunassen Böden. Forstarchiv 41, 217 - 221. — 2. Dengler, A., 1931: Die heutigen Ergebnisse von zwei älteren Kiefernkulturversuchen. Z. f. F. u. Jw., S. 642. — 3. Emeis, C., 1875: Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen, Berlin. — 4. Hassenkamp, W., 1941: Die Umwandlung von Rohhumusböden in Mullböden durch Waldfeldbau und Leguminosenanbau, Forstarchiv 17 (3/4), S. 41 - 57. — 5. Hassenkamp, W., 1949: Waldfeldbau und Mitanbau. Technik der Kiefernkultur, S. 110 - 114. — 6. Miller, R. E., 1964: Wirkung von Meliorationsmaßnahmen zur Verbesserung der Humusform auf den Humus- und Stickstoffvorrat von Waldböden. Diss. Hann. Münden. — 7. Schober, R., 1951

Waldfeldbau oder Rigolstreifen als Begründungsart der Kiefer. Allg. F. u. Jagdztg., 107 Jg., Febr. — 8. SCHULTE-KARRING, H., 1970: Die meliorative Bodenbewirtschaftung (Warlich/Ahrweiler). — 9. ULRICH, B., 1970: Die Reaktionen von Calciumcarbonat bei der Einarbeitung von Kalkmergel in stark versauerte Waldböden mit Auflagehumus. Allg. Forst- u. Jagdztg. 141, 5 - 9. — 10. ULRICH, B. und KEUFFEL, W., 1970: Auswertungen einer Bestandeskalkung zu Fichte auf den Nährstoffhaushalt des Bodens. Forstarchiv 41, 30 - 35. — 11. ULRICH, B., 1966: Kationenaustausch-Gleichgewichte in Böden. Z. Pflanzenern., Düng. u. Bodenkde. 113, 141 - 159. — 12. WAGENKNECHT, E., 1941: Über den Einfluß verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf das Wachstum von Kiefernkulturen. Z. f. F. u. Jw. 10/11, S. 297. — 13. WIEDEMANN, E., 1930: Acht alte Kulturversuche in der Oberförsterei Biesenthal, Forstarchiv Nr. 14, S. 294. — 14. WITTICH, W., 1926: Untersuchungen über den Einfluß intensiver Bodenbearbeitung auf Hohenlübbichower und Biesenthaler Sandböden. Verlag Neumann Neudamm. — 15. WITTICH, W., 1927: Einfluß der Bodenbearbeitung auf das Wachstum von Kahlschlagkulturen auf Hohenlübbichower Talsandböden des Grastyps. Z. f. Forst- u. Jagdwesen, 5. — 16. WITTICH, W., 1931: Über das Wachstum von Vollumbruchkulturen auf physiologisch gesunden Böden. Dt. Forstzeitung, 10/11. — 17. WITTICH, W., 1947: Landwirtschaftliche Zwischennutzung im Walde als Meliorationsmittel und Hilfe für die Ernährung unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im nordwestdeutschen Waldgebiet. Verlag Schaper, Hannover. — 18. WITTICH, W., 1950: Die bodenkundlichen Grundlagen des Syker Meliorationsverfahrens. Allg. Forstzschr., 39. — 19. WITTICH, W., 1952/2: Grundlagen der Bodenmelioration durch landwirtschaftliche Zwischennutzung. Schriftenreihe d. Forstl. Fak. (Sauerländer, Ffm.). — 20. WITTICH, W., 1955: Neuzeitliche Meliorationsmaßnahmen im Walde. Landw. Wo.Bl., S. 365.

# Die Auswirkungen der Naturwissenschaften auf die Forstwissenschaft im 19. Jahrhundert anhand bedeutender Vertreter der deutschen Forstwissenschaft

(Aus dem Institut für Forstgeschichte der Universität Freiburg i. Br.)

Von J. PACHER

Eine geschichtliche Betrachtung der Auswirkungen der Naturwissenschaften auf die Forstwissenschaft berührt das große Gebiet der Geschichte der Wissenschaften, insonderheit der Geschichte der Naturwissenschaften. Dabei ist eine zweifache Verbindung zwischen Forstwissenschaft und Naturwissenschaften gegeben. Zunächst — und das ist naheliegend — stellen biologische Gesetzmäßigkeiten für eine Wissenschaft, die sich mit dem Wald als Naturerscheinung, mit seiner Nutzung und seiner landeskulturellen Bedeutung befaßt, wichtige wissenschaftliche Grundlagen dar. Zum anderen ist es kaum möglich, sich von Gegenständen unseres Erfahrungsbereichs einen klaren Begriff zu bilden, ohne deren Entwicklungsgang und Zusammenhänge mit anderen Bereichen zu berücksichtigen, so daß die Forstwissenschaft im Zusammenhang mit den Naturwissenschaften gesehen werden muß.

Aufgabe der Naturwissenschaften ist es bekanntlich, Kenntnisse über die Natur zu schaffen, die Gesetze der Natur zu erforschen, um auf der Grundlage erkannter Gesetzmäßigkeiten den Menschen in die Lage zu versetzen, die Kräfte der Natur für seine Zwecke nutzbar zu machen. HEISENBERG sagt in diesem Zusammenhang, daß es „in jedem Zeitpunkt Aufgabe der reinen Naturwissenschaften" ist, „den Boden urbar zu machen, auf dem die Technik wachsen soll; und da der bebaute Boden bald verbraucht wird, ist es wichtig, daß stets neuer hinzugewonnen werde" [1]). Damit wird zum Ausdruck gebracht, daß durch die Naturwissenschaft entscheidende Elemente und Grundlagen für die Entwicklung der auf dieser basierenden Techniken bzw. Wirtschaftsgebiete geschaffen werden. Weiterhin tragen die Naturwissenschaften dazu bei, allgemeine Zusammenhänge der Natur zu erfassen und dem Menschen seinen eigenen Standort innerhalb dieser auszuweisen.

Die geschichtliche Entwicklung zeigt, daß die Naturwissenschaften vom jeweiligen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse sowie von religiösen, autoritär-doktrinären, philosophischen und wirtschaftlichen Elementen beeinflußt werden. Der Einfluß religiöser Vorstellungen, teilweise noch als Grundlage des Strebens und Forschens nach Kenntnis der Natur, ist z. B. bei KEPLER zu erkennen. Nicht deutlicher kann die streng religiöse Geisteshaltung, die mittelalterlich-religiöse geistige Gebundenheit, die auch dem forschenden Geist die Interpretation der Welt nur in der vom religiösen Glauben geformten Vorstellung — gleichsam als Hypothese — gestattete, zum Ausdruck zu kommen, wenn KEPLER am Ende seines fünften Buches der kosmischen Harmonie, die er 1619 veröffentlichte, u. a. sagt: „Der Vater aller Verstandeswesen, dem alle sterblichen Sinne ihr Dasein verdanken ..." möge „mir gnädig sein und mich davor bewahren, daß ich etwas über sein Werk berichte, das ... unser Auffassungsvermögen in die Irre leite, und er möge bewirken, daß ... wir der Vollkommenheit seiner Schöpfungswerke nacheifern" [2]). HEISENBERG ist der Ansicht, daß KEPLER in seinen neuen Erkenntnissen nur „Gottes Wirken in der Natur erkennen und ... sein Werk verherrlichen" [3]) wollte. Ahnte aber KEPLER, als er seine Worte schrieb, nicht doch bereits, daß unter Umständen der forschende Mensch bei seinen Bemühungen um Einblick in die Schöpfungswerke Gottes nicht doch auch zu Erkenntnissen kommen kann, die „unser Auffassungsvermögen in die Irre" leiten und dadurch, um mit den Worten der Kirche zu sprechen, den Menschen vom rechtgläubigen Weg abbringen können, und sah er damit das Schicksal von GALILEI voraus? Diesen hatte bekanntlich 1633 die Inquisition gezwungen, sein Eintreten für die von KOPERNIKUS begründete und ein Jahr vor dessen Tode — 1542 — veröffentlichte Theorie des heliozentrischen Weltsystems u. a. mit den Worten zu widerrufen: „Ich beuge meine Knie vor den ehrwürdigen General-Inquisitoren, ... und versichere, daß ich glaube und in Zukunft alles glauben werde, was die Kirche für wahr erkennt und lehrt. — Mir war von der heiligen Inquisition befohlen, daß ich die falsche Lehre von der Bewegung der Erde und dem Stillstand der Sonne weder glauben noch lehren dürfe, weil sie der heiligen Schrift zuwider sei ... Um nun den mit Recht gegen mich gefaßten Verdacht der Ketzerei zu nehmen, schwöre ich ab und verfluche die erwähnten Irrtümer und Ketzereien und überhaupt jeden anderen Irrtum und jede Meinung, die gegen die Lehre der Kirche ist. Zugleich schwöre ich, in Zukunft nie etwas mündlich oder schriftlich zu äußern, das mich in einen gleichen Verdacht bringen könnte" [4]). Diese Worte aus der Abschwörungsformel, die GALILEI unter Androhung der Folter sprechen mußte, zeigen deutlich den religiösen und autoritär-doktrinären Zwang, mit dem neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse, wenn sie einem herrschenden Dogma nicht entsprachen, unterdrückt wurden.

Die Stellung der Naturwissenschaften und damit gleichfalls deren Aufgaben und Bedeutung im Rahmen der Gesellschaft

1) HEISENBERG, W. (1944): Wandlungen ... S. 16.

2) HEISENBERG, W.: a. a. O., S. 78.

3) HEISENBERG, W.: a. a. O., S. 77/78.

4) DANNEMANN, Fr. (1921): Die Naturwissenschaften ... II. Bd. S. 40.

werden auch von philosophisch-erkenntnistheoretischer Seite beeinflußt. Der Materialismus z. B., für den die tote Materie das Primäre, die einzige und letzte Realität des Universums ist und für den das Denken und das Bewußtsein nur sekundäre Erscheinungen der Materie sind, hinter der und über der es nichts mehr gibt, dieser Materialismus marxistischer Prägung des 19. und insbesondere des 20. Jahrhunderts weist den Naturwissenschaften die Stellung einer „selbständigen Produktivkraft“ zu, deren Entwicklung in der „gesellschaftlichen Produktionsweise“ ihren „bestimmenden Faktor“ hat[5]). Dabei versteht der marxistische Materialismus unter den „Produktivkräften der Gesellschaft“ die Produktionsinstrumente, wie Werkzeuge und Maschinen, mit deren Hilfe materielle Güter erzeugt werden sowie die Menschen — zugleich als Träger der Naturwissenschaften —, die diese Produktivkräfte in Bewegung setzen und die Produktion der materiellen Güter auf Grund von Produktionserfahrung und Arbeitsfertigkeit bewerkstelligen. Unter der „Produktionsweise“ wird die ihrerseits wiederum gesellschaftlich bedingte Art und Weise, wie die Menschen die zu ihrem Leben notwendigen Güter erzeugen, verstanden. Danach haben dann Wissenschaft und Forschung und damit auch die Forstwissenschaft „letzthin der bestmöglichen Befriedigung der ständig wachsenden Bedürfnisse der sozialistischen Wirtschaft und Gesellschaft zu dienen“[6]). Diese Formulierung enthält eine ideologische Ausrichtung sowohl für die Aufgaben- und Zielstellung der Wissenschaft als auch für die Forschungsarbeit des einzelnen Wissenschaftlers.

Die Geschichte der Naturwissenschaften erfuhr im 19. Jahrhundert eine Intensivierung. Zunächst handelte es sich dabei im wesentlichen um geschichtliche Darstellungen einzelner Wissenschaftszweige, wie z. B. Geschichte der Botanik, der Zoologie, der Physik, der Astronomie. Eine Geschichte der Naturwissenschaften kann sich jedoch nicht in einer bloßen Aneinanderreihung naturwissenschaftlicher Daten und Fakten erschöpfen. So wichtig deren Erfassung und die historische Bearbeitung abgegrenzter Teilgebiete sind, eigentliche Aufgabe einer Geschichte der Naturwissenschaften ist es, diese Wissenschaften in den Rahmen der Gesamtentwicklung zu stellen, um dadurch sowohl das geschichtliche Werden naturwissenschaftlicher Ideen, Probleme und Erkenntnisse als auch die Naturwissenschaft unserer Tage wirklich verstehen zu können. Dieser Gedanke ist nicht neu. Bereits KEPLER bringt eine ähnliche Vorstellung zum Ausdruck, wenn er im Vorwort zum 45. Kapitel seiner „Astronomia Nova“ sagt: „Fast ebenso wunderbar wie die himmlischen Vorgänge selbst erscheinen mir die Umstände, unter denen die Menschen zu ihrer Erkenntnis gelangen“[7]). Trotzdem begann sich die Idee einer „Geschichte der Naturwissenschaften in ihrem Zusammenhang“ (gesperrt d. Verf.) erst in den neunziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts durchzusetzen[8]).

Bemerkenswert ist, daß von den beiden forstgeschichtlichen Werken von BERNHARDT und SCHWAPPACH[9]), die beide umfangreiche Darstellungen der Entwicklung der Forstwissenschaft enthalten, dem BERNHARDTschen der Grundgedanke der historischen Zusammenschau sehr stark zugrunde liegt. Während SCHWAPPACH im Vorwort zu seinem Handbuch bemerkt, daß er „die politische Geschichte ganz weggelassen ... aber auch auf eine vollständige Darstellung der allgemeinen Verfassungs-, Rechts- und Wirtschaftsgeschichte ... bis auf einige Skizzen“ verzichtet habe, geht BERNHARDT davon aus, daß, „ähnlich wie der einzelne Stein wertlos ist, so lange er nicht dem Ganzen eingefügt wird, sowie er nach seiner wahren Bedeutung nur erkannt werden kann, wenn er uns in seinem Zusammenhange, seiner Relativität mit allen anderen entgegentritt, so muß jede Sonderforschung sich einfügen in die gemeinschaftliche Gesamtarbeit, so muß sie ausgehen von der Beziehung, in welcher das zu durchforschende Gebiet zur Gesamtheit des historischen Wissens steht“[10]). Für die Forstwissenschaft speziell betont er, daß diese „in einer Abhängigkeit von anderen begründenden Wissenschaften steht und deshalb die Anlehnung an diese Wissenschaften gesucht werden muß“[11]). Damit sah BERNHARDT einmal eine allgemeine Auswirkung der Naturwissenschaften auf die Forstwissenschaft dahingehend, daß die Forstwissenschaft in ihrer Entwicklung und somit auch in ihrem Wirkungsgrad vom Stand anderer Zweige der Naturwissenschaften, wie z. B. Botanik, Zoologie, Chemie beeinflußt wird. Zum anderen leitete er daraus für die historische Darstellung die Notwendigkeit ab, die Forstwissenschaft im Zusammenhang mit diesen Wissensgebieten zu betrachten. BERNHARDT ist damit über die im 19. Jahrhundert im wesentlichen üblichen Spezialgeschichten einzelner Wissengebiete hinausgegangen.

Im 19. Jahrhundert kam es zu einem allgemeinen Aufschwung der Naturwissenschaften. Den großen Fortschritt dabei sieht DAMPIER nicht in der starken Entwicklung der Physik und der darauf basierenden industriellen Entwicklung, sondern neben der Geologie in der Herausbildung der Biologie als einen besonderen Schwerpunkt des Interesses. Ein gewichtiges Moment dafür ist nach seiner Meinung, daß „die Hypothese von der natürlichen Auslese, die erste annehmbare Grundlage für die alte Entwicklungslehre, ... die Menschheit über die nächste lange Stufe ihres endlosen Weges, mit Darwin, dem Newton der Biologie, als Hauptfigur des Denkens des 19. Jahrhunderts“, führte[12]).

In der Entwicklung der Forstwissenschaft im 19. Jahrhundert läßt sich diese Betonung der Biologie ebenfalls beobachten. Sie stellt bis zu einem gewissen Grade eine Fortsetzung des in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts begonnenen Ausbaus der Forstwissenschaft durch einzelne naturwissenschaftliche Wissensgebiete wie Botanik, Zoologie, Entomologie dar. Es ist naheliegend, daß für die im Hinblick auf den auch zu Beginn des 19. Jahrhunderts teilweise noch trostlosen Zustand der Wälder zu lösenden umfangreichen und vielseitigen Aufgaben zur Produktionssteigerung der Wälder neben volkswirtschaftlichen und forsttechnischen Kenntnissen weitere naturwissenschaftliche Grundlagen benötigt wurden, die u. a. über Wachstum und Entwicklung der Waldbäume sowie über Biologie und Lebensweise schädlicher Insekten zum Schutz der Wälder Aufschluß gaben. Außerdem begann sich die Erkenntnis anzubahnen, daß es notwendig ist, die durch die Holznutzung erfolgende Einwirkung auf den Waldboden zu beachten und in diesem Zusammenhang dessen physikalische und chemische Eigenschaften, die Bodenverhältnisse zu untersuchen. In allgemein methodischer Hinsicht bestand weitgehend Klarheit darüber, daß die naturwissenschaftlichen Grundlagen nicht durch bloße Beobachtung, sondern nur mittels methodisch exakter wissenschaftlicher Untersuchung sowie Versuchsanstellung gewonnen werden konnten. Diese Gegebenheiten führten dazu, daß im 19. Jahrhundert einzelne Naturwissenschaften wie Botanik, Zoologie bzw. Entomologie und Chemie zu einem weiteren Ausbau der Forstwissenschaft beitrugen.

Für Botanik und Zoologie in gleicher Weise bedeutsam kann eine auf dem Gebiet der Morphologie und Systematik zu beobachtende Entwicklung angesehen werden. Die Hauptaufgabe der Systematik bestand nach LINNÉ im wesentlichen zunächst lediglich in der Beschreibung und Klassifizierung neuer Arten. Damit entsprach sie jedoch nicht dem eigentlichen Ziel naturwissenschaft-

5) KOSEL, G. (1957): Produktivkraft Wissenschaft. S. 9, 14.
6) RICHTER, A. (1969): Institut . . . S. 903.
7) MASON, St. F. (1961): Geschichte der Naturwissenschaft . . . S. 9. SARTON, G. (1965): Studium der Geschichte . . . S. 7.
8) MAYERHÖFER, J. (1959): Lexikon der Geschichte . . . Geleitwort. SARTON, G.: a. a. O. S. 7.
9) BERNHARDT, A. (1874, 1875): Geschichte des Waldeigentums . . . Bd. II, III. SCHWAPPACH, A. (1888): Handbuch . . . Bd. II.
10) BERNHARDT, A. (1872): a. a. O. Bd. I, S. 3.
11) BERNHARDT, A. (1875): a. a. O. Bd. III, S. VII.
12) DAMPIER, W. C. (1952): Geschichte der Naturwissenschaft . . . S. 299.

licher Forschung, der Erkenntnis und kausalen Erklärung des Zusammenhangs der Naturerscheinungen. LINNÉ hatte bereits selbst erkannt, daß es neben dem von ihm aufgestellten, im wesentlichen künstlichen, die Pflanzen mehr oder minder nur registrierenden System ein Ordnungsschema geben müsse, das von der natürlichen Verwandtschaft ausgeht, also ein natürliches Pflanzensystem. Zu diesem Zwecke hatte er schon 1738 in seinen Fragmenten einige Gruppen gebildet, die, wie es SACHS nennt, „natürlichen Verwandtschaftskreisen" entsprachen, ohne aber für diese besondere Merkmale herauszustellen[13]). An diesen Gedanken eines natürlichen Pflanzensystems anknüpfend, in dem LINNÉ das höchste Ziel der Botanik sah[14]), kam es dann zur Aufstellung erster natürlicher Systeme u. a. von BERNHARD DE JUSSIEU und seinem Neffen ANTOINE LAURENT DE JUSSIEU. Das System von BERNHARD DE JUSSIEU, der 1776 als Professor am Botanischen Garten in Trianon starb und in diesem sein System anwandte, beruhte noch auf einer Verbindung zwischen natürlicher und künstlicher Ordnung. Weiter ausgebaut wurde das System von seinem Neffen, der es dann 1789 veröffentlichte. ANTOINE LAURENT DE JUSSIEU, Professor am Botanischen Garten in Paris und dort 1836 verstorben, war mit einer der ersten, der, wie DANNEMANN bemerkt, „die jeder Gruppe gemeinschaftlichen Merkmale, die Familiencharaktere, klar erkannte und scharf hervorhob"[15]). Auch dieses System war nicht vollkommen. So berücksichtigte es z. B. die Früchte für die Einteilung zu wenig. Diesen Mangel versuchte JOSEPH GÄRTNER auszugleichen. GÄRTNER war 1760 Professor für Anatomie in Tübingen und ging 1768 als Professor für Botanik nach Petersburg. 1770 kehrte er in seine Geburtsstadt Calw zurück. Hier gab er als Ergebnis seiner Bemühungen um ein natürliches Pflanzensystem in den Jahren 1788 - 1791 sein Hauptwerk „Über die Früchte und Samen der Pflanzen" heraus. In diesem kann der erste Versuch einer wissenschaftlichen Morphologie der Früchte und Samen gesehen werden. Das Werk ist daher auch für die Morphologie von Bedeutung. Wesentliche Förderung erfuhr das natürliche System dann durch AUGUST PYRAME DECANDOLLE. Er war von 1808 - 1816 Professor der Botanik in Montpellier. DECANDOLLE ging, wie SACHS feststellt, nicht deskriptiv vor, sondern entwickelte „die Theorie der Systematik, die Gesetze der natürlichen Klassifikation mit einer Klarheit und Tiefe, wie niemand vor ihm", wobei er sich wie kaum ein anderer auf gründliche morphologische Untersuchungen stützte[16]). Zusammen mit einigen Fachvertretern gab er eine ausführliche Beschreibung aller bisher bekannten Pflanzenarten heraus. Dieses Sammelwerk, das unter dem Titel „Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis" herauskam, begann DECANDOLLE 1824. Nach seinem 1841 erfolgten Tode übernahm sein Sohn die Fortführung.

Als Zeitgenosse DECANDOLLES befaßte sich ROBERT BROWN — der Entdecker des Zellkerns — mit der Systematik. Von 1801 - 1805 nahm er an einer Exkursion nach Australien teil. Bis zu seinem Tode 1858 war er dann Kustos am Britischen Museum in London. BROWN stellte kein neues System auf, sondern gab, wie MÖBIUS und SCHMUCKER bemerken, „dem natürlichen System eine festere Begründung durch strengere Beurteilung der Merkmale, von denen er nur die morphologischen gelten ließ" und „vertiefte den Formvergleich durch entwicklungsgeschichtliche Studien und erfolgreiche Analysen bisher unverstandener Blüten"[17]). Bemerkenswert waren seine Untersuchungen des Blütenbaus der Koniferen und Cycadeen, bei denen er nach MÖBIUS 1826 und nach SACHS 1827 zuerst die Gymnospermie feststellte und damit die Unterscheidung von Gymno- und Angiospermen[18]). Allerdings soll schon TARGIONI-TOZZETTI, Professor der Botanik in Florenz, bereits 1810 die Gymnospermie entdeckt haben[19]). Für die natürliche Systematik in Deutschland sind insbesondere BROWN und DECANDOLLE von Bedeutung gewesen. In den dreißiger und vierziger Jahren entstanden dann noch zahlreiche Systeme. Dabei war es vor allem das Ziel, die Familien besser nach ihrer Verwandtschaft zu ordnen.

Im Zusammenhang mit den Bemühungen um ein natürliches Pflanzensystem stand ein Botanik und Zoologie gleichermaßen berührendes Problem. Die immer mehr in den Vordergrund tretende Vorstellung einer natürlichen Verwandtschaft der Arten kam in Widerspruch zu der bisher z. T. fast als Dogma vertretenen Ansicht von deren Konstanz. Diese machte eine wissenschaftliche Definition des Begriffes der Verwandtschaft unmöglich. Es kann hier keine Darstellung der Entwicklung der Deszendenztheorie gegeben werden. Nur soviel soll gesagt werden, daß z. B. JEAN BAPTISTE DE LAMARCK, 1794 Professor der Zoologie am botanischen Garten in Paris, den Gedanken, daß die Arten nicht konstant, sondern allmählich aus früheren Formen hervorgegangen sind, in dieser Klarheit als erster entwickelte. FRANZ UNGER, von 1849 - 1867 Professor der Pflanzenphysiologie in Wien, stellte auf Grund seines Studiums fossiler Pflanzen fest, daß die Arten in einem organischen Zusammenhang stehen und die jüngeren aus den älteren entstanden sind. Der Entwicklungsgedanke war also schon vorhanden, so daß DARWINS entscheidendes Werk über die Entstehung der Arten, das 1859 erschien, „wie der Kristallkeim in einer übersättigten Lösung wirkte"[20]). SACHS hebt vor allem das historische Verdienst DARWINS hervor, „auf dem Gebiet der Systematik und Morphologie ein naturwissenschaftliches Prinzip an die Stelle scholastischer Denkweise gesetzt und in klarer Erkenntnis der geschichtlichen Entwicklung die in der Systematik und Morphologie längst gestellten Probleme im Sinne moderner Naturforschung richtig erkannt und gelöst zu haben"[21]).

Die Pflanzenanatomie erfuhr zu Beginn des 19. Jahrhunderts einen Aufschwung. Die Erkenntnis setzte sich durch, daß auch die Untersuchung der inneren Struktur der Pflanzen ein wichtiger Teil der botanischen Forschung ist. Die Kenntnisse darüber waren aber so gering, daß die Akademie der Wissenschaften zu Göttingen sich veranlaßt sah, 1805 eine Preisaufgabe für eine Darstellung von Bau, Entstehung und Funktion der Gefäße unter gleichzeitiger Erklärung der anatomischen Verhältnisse zu stellen. Die Wirkung dieser Ausschreibung war so erfreulich, „daß man dieses Jahr später als den Wendepunkt in der Entwicklung der Pflanzenanatomie betrachtet hat"[22]). Den Preis erhielt HEINRICH FRIEDRICH LINK für seine Schrift „Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen". LINK war Professor der Naturgeschichte, Botanik und Chemie in Rostock, Breslau und Berlin, wo er 1850 starb. Eine neue Periode in der Pflanzenanatomie beginnt um 1830 mit den Arbeiten von FRANZ JULIUS FERDINAND MEYEN, der 1834 als Professor in Berlin tätig war und dort 1840 starb, sowie dem 1872 in Tübingen verstorbenen Professor der Physiologie und Botanik in Bern und Tübingen HUGO VON MOHL[23]). Da ersterer nicht nur das feste Zellhautgerüst, sondern auch die Entwicklung der Pflanzenzelle untersuchte, sieht MÖBIUS in ihm sogar den Begründer der neueren Pflanzenanatomie[23]). Bei seinen Untersuchungen kam v. MOHL u. a. zu so auch für die Forstbotanik wichtigen Beobachtungen, daß die Gefäßbündel des Blattes mit denen des Stammes in Verbindung stehen, daß die Gefäße

13) SACHS, J. (1875): Geschichte der Botanik . . . S. 9.
14) SACHS, J. (1875): Geschichte der Botanik . . . S. 117.
15) DANNEMANN, Fr. (1928): Vom Werden der naturwiss. Probleme . . . S. 282.
16) SACHS, J. (1875): Geschichte der Botanik . . . S. 138.
17) MÖBIUS, M. (1937): Geschichte der Botanik . . . S. 52.
SCHMUCKER, TH. (1936): Geschichte der Biologie. S. 145.
18) MÖBIUS, M.: a. a. O. S. 52.
SCHMUCKER, TH. (1936): Geschichte der Biologie. S. 153.
19) MÖBIUS, M.: a. a. O. S. 137.
20) SCHMUCKER, TH. (1936): Geschichte der Biologie. S. 189/190.
21) SACHS, J. (1875): Geschichte der Botanik . . . S. 12/13.
22) DANNEMANN, FR. (1923): Die Naturwissenschaften . . . IV. Bd. S. 174.
23) MÖBIUS, M.: a. a. O. S. 167.

ebenfalls aus Zellen bestehen, und er soll, wie Möbius annimmt, zum ersten Mal eine wirkliche Zellteilung beobachtet haben[24]). Die eigentliche Bedeutung der Zelle für die Pflanze erkannte der als Professor 1846 in Jena und 1863 in Dorpat tätige Matthias Jakob Schleiden. Mit einer bisher nicht anzutreffenden Eindeutigkeit sprach er den Gedanken aus, daß die Zelle das einzige, wesentliche Formelement aller Pflanzen bildet, daß es ohne Zelle keine Pflanze gibt. Möbius glaubt daher mit Recht, mit Schleiden eine neue Epoche der Naturwissenschaften datieren zu können[25]). Das erscheint umso berechtigter, als der Anatom und Physiologe Theodor Schwann, Professor in Löwen und Lüttich, bei seinen Untersuchungen des tierischen Organismus 1839 zu einem ähnlichen Ergebnis kam und in der „Zellenbildung das gemeinsame Entwicklungsprinzip für die verschiedensten Teile der Organismen" sah. Damit wurde die bedeutsame Erkenntnis geschaffen, „daß zwischen den Elementen der Pflanze und des Tieres kein grundsätzlicher Unterschied besteht" [26]). In der Folgezeit kam es zu zahlreichen weiteren Untersuchungen, die sich mit dem Aufbau der Zelle sowie den Vorgängen in der Zelle befaßten. Dadurch entwickelte sich ein spezieller Zweig der Botanik, die Zytologie.

Mit den Untersuchungen über den Aufbau und die feinere Struktur der Pflanze war vielfach bereits ein Interesse an physiologischen Fragen verbunden. Die physiologischen Vorgänge in der Pflanze waren von außen kaum sichtbar und damit der einfachen Beobachtung entzogen. Hier mußte, ausgehend von einer klaren Fragestellung unter Zugrundelegung gewisser hypothetischer Vorstellungen mit Hilfe des Experiments versucht werden, die Erscheinungen zu erklären und in ihrem kausalen Zusammenhang zu erfassen. Dabei ergaben sich Fragestellungen, deren Klärung z. T. neben physikalischen insbesondere auch chemische Grundlagen voraussetzte. Letztere wurden erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts geschaffen (Priestley, Lavoisier). Im 19. Jahrhundert kam es dann zu einer Intensivierung der pflanzenphysiologischen Untersuchungen bzw. zur Begründung der Physiologie als besonderem Zweig der Botanik. Hier war es in erster Linie Decandolle, der sich die Aufgabe stellte, die Pflanzenphysiologie auf Grund der physikalischen, chemischen und anatomischen Forschungsergebnisse als abgeschlossene Wissenschaft darzustellen, um so ein vollständiges und allseitiges Bild des Pflanzenlebens zu gewinnen. Für die Entwicklung der Physiologie weiterhin bedeutsam waren die Arbeiten von Julius Sachs. In ihm, der 1859 als Assistent am chemischen Laboratorium in Tharandt bei Stöckhardt arbeitete, dann als Professor 1861 in Poppelsdorf bei Bonn, 1867 in Freiburg und 1868 in Würzburg tätig war, sieht Schmucker „den eigentlichen Begründer der experimentellen Pflanzenphysiologie" [27]). So gelang ihm z. B. 1860 die Wasserkultur höherer Pflanzen; ein Verfahren, das dann von Stöckhardt für die landwirtschaftlichen Stationen übernommen wurde. Sachs arbeitete fast auf allen Gebieten der Physiologie. Er stellte u. a. die Bedeutung des Chlorophylls heraus, untersuchte Assimilation und Atmung sowie die Wanderung und Speicherung der Stoffe. Sein Einfluß erstreckte sich nicht nur auf die Forschung. Sachs war auch ein glänzender Lehrer. Aus seiner Schule, die zur damaligen Zeit großes Ansehen genoß, gingen bekannte Botaniker wie Goebel, Pfeffer, de Vries u. a. hervor. Außerdem war Sachs auch auf historischem Gebiet tätig. Bekannt ist seine Geschichte der Botanik (1875). — Allgemein läßt sich eine Intensivierung der Geschichtsschreibung auf naturwissenschaftlichem Gebiet im 19. Jahrhundert nicht nur hinsichtlich ihres Umfangs, sondern auch hinsichtlich der Tiefe ihrer Darstellung beobachten. Das bloße Aneinanderreihen geschichtlicher Fakten und das biographische Moment treten zurück. Es besteht das Bestreben, die allmähliche Entstehung und Entwicklung wissenschaftlicher Ideen darzustellen. In dieser Hinsicht stellt die Geschichte der Botanik von Sachs insofern einen wertvollen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Geschichtsschreibung dar, als Sachs, wie er selbst sagt, die Hauptaufgabe seiner Geschichte der Botanik darin sieht, „die erste Entstehung wissenschaftlicher Gedanken aufzusuchen und ihre weitere Entwicklung zu umfassenden Theorien zu verfolgen" [28]). Im Rahmen einer Geschichte der Naturwissenschaften stellt sie aber nur einen Baustein dar. — Eine weitere entscheidende Beeinflussung ihrer Entwicklung erfuhr die Pflanzenphysiologie durch Wilhelm Friedrich Philipp Pfeffer. Pfeffer arbeitete in Berlin bei Pringsheim und in Würzburg bei Sachs. Als Professor war er an den Universitäten Bonn, Basel, Tübingen und zuletzt 1887 in Leipzig tätig. Schmucker nennt ihn den „größten Pflanzenphysiologen seiner Zeit" [29]). Wie Sachs arbeitete Pfeffer auf fast allen Gebieten der Pflanzenphysiologie. Besonders bemerkenswert sind seine Untersuchungen über die Osmose, durch die er auch zu Ergebnissen über die Beschaffenheit der Plasmahaut sowie über Aufnahme und Abgabe der Stoffe kam. Im Rahmen von entwicklungsphysiologischen Arbeiten befaßte er sich insbesondere mit dem Wachstum.

In ähnlicher Richtung wie in der Botanik verlief die Entwicklung der Zoologie. Die von Linné ausgesprochene Forderung nach Aufstellung eines Systems, in dem die Verwandtschaft zum Ausdruck kommt, führte zu Bestrebungen, auch für die Zoologie ein natürliches System zu schaffen. Erste grundlegende Arbeit dazu leistete der Professor der vergleichenden Anatomie am botanischen Garten in Paris und Sekretär der Akademie der Wissenschaften Georg Cuvier. Anhand der von ihm geschaffenen Grundlagen der vergleichenden Anatomie stellte Cuvier ein System auf, in dem er das ganze Tierreich in vier Kreise (Wirbeltiere, Weichtiere, Gliedertiere / mit 4. Klasse: Kerbtiere oder Insekten /, Radiärtiere) teilte, und das er 1812 veröffentlichte. Dannemann sieht in Cuviers System „den größten Fortschritt der Zoologie seit der Zeit des Aristoteles" [30]). Cuvier, der sich auch sehr intensiv mit fossilen Tieren befaßte, stellte im Zuge vergleichender anatomischer Untersuchungen fest, daß die ausgestorbenen Wirbeltiere in einem Ausmaß von den heutigen abweichen, wie es sich mit der herrschenden Ansicht von der Konstanz der Arten nicht vereinbaren ließ. Er nahm daher für die einzelnen geologischen Epochen eine spezielle Fauna an, die nach Untergang der vorhergehenden infolge großer geologischer Veränderungen jeweils neu geschaffen wurde. Doch auch hier führte, wie in der Botanik, die Darwinsche Deszendenztheorie zu einem Umdenken, zumal auch die Geologie von der These der wiederholten Neuschöpfungen abging. Die vergleichende Arbeitsrichtung in der Anatomie setzte sich in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gegenüber der beschreibenden immer mehr durch. In der Folgezeit wurden die einzelnen Tiergruppen eingehender bearbeitet. Als neuer Forschungszweig entstand weiterhin die Embryologie, die sich mit den Entwicklungsvorgängen befaßte. Durch sie wurden Grundlagen für die vergleichende Anatomie sowie die Systematik geschaffen und die Kenntnis der Tierformen erweitert und vertieft. Zu einem selbständigen Forschungsgebiet baute die Embryologie der als Professor in Königsberg und Petersburg tätige Karl Ernst von Baer aus. Eine Zusammenschau bisheriger Erkenntnisse gab er mit seinem in den Jahren 1828 - 1837 erschienenen Werk „Über die Entwicklungsgeschichte der Tiere".

Auch die Physiologie der Tiere erfuhr eine wesentliche Förderung. Sie ist u. a. mit den Namen Julius Robert Mayer und Johannes Müller verbunden. Mayer war Arzt und Physiker

24) Möbius, M.: a. a. O. S. 169.
25) Möbius, M.: a. a. O. S. 168.
26) Dannemann, Fr. (1923): Die Naturwissenschaften ... IV. Bd. S. 175/176.
27) Schmucker, Th. (1936): Geschichte der Biologie. S. 140.
28) Sachs, J. (1875): Geschichte der Botanik ... S. IX.
29) Schmucker, Th. (1936): Geschichte der Biologie. S. 275.
30) Dannemann, Fr. (1922): Die Naturwissenschaften ... III. Bd. S. 406.

und lebte als Arzt in Heilbronn. Durch seine Überlegung bahnte er die Erkenntnis der energetischen Verhältnisse beim Stoffumsatz an[31]). Er erkannte den oxydativen Abbau unter Freiwerden von Energie im tierischen Organismus. MAYER veröffentlichte seine Gedanken 1845 unter dem Titel „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel". JOHANNES MÜLLER war als vergleichender Anatom und Physiologe zunächst in Bonn tätig, von wo er 1833 nach Berlin ging und hier eine der bedeutendsten physiologischen Schulen gründete. Zu seinen Schülern zählten u. a. SCHWANN und VIRCHOW. DANNEMANN nennt ihn den „deutschen CUVIER" und sieht in MÜLLER den letzten Forscher, der noch alle Gebiete der Zoologie zu beherrschen und zu fördern vermochte[32]). In seinem 1833 erschienenen Handbuch der Physiologie gab er eine umfassende Bearbeitung dieses vielschichtigen Wissensgebietes.

Zur weiteren Erforschung der Vorgänge im Organismus, der stofflichen Veränderungen, der Ernährung waren chemische Grundlagen erforderlich, Die Fortschritte der organischen Chemie zu Beginn des 19. Jahrhunderts gaben der Physiologie Möglichkeiten dazu. So analysierte JAKOB BERZELIUS, 1815 Professor der Chemie in Stockholm, tierische Stoffe. Er vertrat die Ansicht, daß organische Stoffe des Tier- und Pflanzenreichs nicht künstlich hergestellt werden können, und bezeichnete die organische Chemie als die Wissenschaft derjenigen Stoffe, die unter dem Einfluß der Lebenskraft entstehen. Schon kurze Zeit später gelang dem Professor der Chemie in Göttingen FRIEDRICH WÖHLER 1828 die Harnstoffsynthese. Mit dieser ersten Synthese einer organischen Verbindung der dann weitere folgten erfuhr die philosophische These vom Vorhandensein einer sogen. besonderen Lebenskraft, von der der Organismus beherrscht werde, eine entscheidende Erschütterung. Mit WÖHLER ist ALEXANDER MITSCHERLICH zu nennen, der 1862 als Assistent bei ihm in Göttingen arbeitete. MITSCHERLICH war von 1868 - 1883 Professor für Chemie, Physik und Geologie an der Königlichen Forstakademie zu Münden. Hier gelang ihm 1874 die Entwicklung des Sulfit-Verfahrens zur Zellulosegewinnung aus Holz, das er bis zur fabrikmäßigen Anwendung entwickelte. Wichtige Erkenntnisse auf dem Gebiet der Pflanzenernährung schuf der Professor der Mineralogie und Geologie in Genf THÉODORE DE SAUSSURE und veröffentlichte diese 1804 in seinem Hauptwerk „Recherches chimiques sur la végétation". Er wies u. a. nach, daß die Pflanze den für die Ernährung wichtigen Kohlenstoff aus der Luft nimmt. Weiterhin stellte SAUSSURE fest, daß die Pflanzen die für die Ernährung wichtigen Mineralstoffe nicht nur dem Boden, sondern auch dem Humus entnehmen. Dies führte in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts zu einer Überschätzung der Bedeutung des Humus, zu der von ALBRECHT THAER, Professor der Landwirtschaft an der Universität Berlin von 1810 - 1818, aufgestellten Humustheorie, nach der die Fruchtbarkeit des Bodens vom Humus abhängt. Hier war es JUSTUS VON LIEBIG, Professor der Chemie in Gießen und München, der den Nachweis erbrachte, daß der Humus für die Pflanzenernährung keine wesentliche Rolle spielt, sondern anorganische Bodenbestandteile. In seinem 1840 erschienenen groß-angelegten Werk „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf die Agrikultur und Physiologie" legte LIEBIG die Notwendigkeit der Nährsalze für die Pflanzen dar, begründete die Lehre von der künstlichen Düngung, widerlegte die Humustheorie und betonte die Bedeutung der sogenannten „Minimalfakten"[33]). Dazu stellte er den für den Ackerbau wichtigen Grundsatz auf, daß der Boden in vollem Maße wieder erhalten muß, was ihm an organischen Bestandteilen durch die Ernte entnommen wird. LIEBIG hatte mit seiner wissenschaftlichen Erkenntnis eine praktische Anwendungsmöglichkeit von unübersehbarer Tragweite gefunden[34]).

Die zu Beginn des 19. Jahrhunderts vor der Forstwirtschaft stehenden erwähnten umfangreichen Aufgaben zur Verbesserung des Zustandes der Wälder ergaben für die noch verhältnismäßig junge Forstwissenschaft einige wichtige Probleme, die hinsichtlich ihrer Grundlagen im naturwissenschaftlichen Bereich, insbesondere der Botanik, der Zoologie bzw. Entomologie und der Chemie lagen. Dabei zeichnete sich insofern ein bedeutsamer Fortschritt ab, als nunmehr auch einige forstliche Persönlichkeiten begannen, sich mit den Naturwissenschaften zu befassen, damit naturwissenschaftliches Denken in die Forstwissenschaft trugen und so den weiteren naturwissenschaftlichen Ausbau der Forstwissenschaft förderten. Anhand von THEODOR HARTIG, RATZEBURG, STÖCKHARDT und EBERMAYER soll versucht werden, dieser Entwicklung nachzugehen.

Der Grundgedanke, daß mit eine wichtige Voraussetzung für die Steigerung der Produktion des Waldes in der Kenntnis der Lebens- und Wachstumsvorgänge der Waldbäume liegt, konnte sich insofern entfalten, als einzelne Naturwissenschaften Grundlagen schufen, diese Erscheinungen und Vorgänge zu erforschen. Gleichzeitig wurde es dadurch möglich, von dem bisherigen im wesentlichen auf der Erfahrung basierenden Handeln im Walde zu der notwendigen wissenschaftlichen Begründung bisheriger Erfahrungen und zur Aufstellung neuer waldwirtschaftlicher Grundsätze zu kommen.

Damit begann ein neuer Abschnitt in der Entwicklung der Forstbotanik, der insbesondere in THEODOR HARTIG einen maßgeblichen Vertreter fand. Als Sohn GEORG LUDWIG HARTIGS in Dillenburg 1805 geboren, absolvierte THEODOR HARTIG zunächst die Forstlehre. 1824 begann er mit dem Studium an der Forstakademie und Universität in Berlin und hörte sowohl bei seinem Vater als auch bei PFEIL Vorlesungen. Besonderes Interesse widmete er schon damals naturwissenschaftlichen Vorlesungen und Übungen. Nach einem 7-semestrigen Studium und anschließender praktischer Tätigkeit legte HARTIG 1829 das Staatsexamen ab. Während der folgenden zwei Jahre wurden ihm interimistische Revierverwaltungen übertragen, zuletzt das Liebenwalder Revier. 1831 erhielt er einen Ruf als Dozent an den von seinem Vater bekleideten Lehrstuhl für Forstwissenschaft nach Berlin und hielt Vorlesungen über Klimatologie, Bodenkunde, Forstbotanik und Insektenkunde. 1833 promovierte HARTIG mit einer Arbeit über die Rot- und Weißfäule des Holzes. 1835 erfolgte seine Ernennung zum a. o. Professor. Neben entomologischen befaßte sich HARTIG in dieser Zeit bereits mit pflanzenanatomischen und pflanzenphysiologischen Studien. 1838 folgte er dann einem Ruf als Professor an das 1745 von Herzog Karl I. gegründete Collegium Carolinum und die mit diesem verbundene neu eingerichtete Forstlehranstalt nach Braunschweig, an der er bis zu deren Auflösung 1877 blieb und außer der Fachwissenschaft Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, Insektenkunde, Bodenkunde und Klimatologie hielt. THEODOR HARTIG verstarb 1880 in Braunschweig.

HARTIGS Vorlesungstätigkeit und die zahlreichen Veröffentlichungen, die gleichzeitig die Vielseitigkeit seines Schaffens zeigen, lassen erkennen, in welchem Ausmaß naturwissenschaftliches Denken und naturwissenschaftliche Grundlagen auf sein Werk Einfluß nahmen. Neben der Herausgabe der 8. - 11. Auflage seines Vaters Lehrbuch für Förster (1840, 1851, 1861, 1877), der Bearbeitung entomologischer, ertragskundlicher sowie spezieller Fragen z. B. über den Gerbstoffgehalt der Rinde oder über das Verhältnis des Brennwerts verschiedener Holz- und Torfarten, legte HARTIG den Schwerpunkt seiner Forschungstätigkeit auf das Gebiet der Botanik bzw. Forstbotanik und hier insbesondere auf die Anatomie und Physiologie der Bäume. Als Forstmann, der HARTIG schließlich war, und was er immer bewußt herausstellte — z. B. in seiner

31) SCHMUCKER, TH. (1936): Geschichte der Biologie. S. 130.
32) DANNEMANN, FR. (1923): Die Naturwissenschaften . . . IV. Bd. S. 166/167.
33) SCHMUCKER, TH. (1936): Geschichte der Biologie. S. 133/134.
34) SCHMUCKER, TH. (1936): Geschichte der Biologie. S. 157.

Kontroverse mit SCHLEIDEN im Zusammenhang mit seinen Beobachtungen über die Befruchtung der Pflanzen (1842)[35]) — kam HARTIG zu der Überzeugung, daß die Probleme des Holzanbaus nicht ohne genaue Kenntnis des inneren Baus sowie der Lebensvorgänge, des Entwicklungs- und Wachstumsgangs der forstlichen Pflanzen gelöst werden können. Von dieser Überzeugung ließ er sich bei seinen ganzen Arbeiten leiten[36]).

Von weitgehend praktischen Erwägungen ausgehend waren HARTIGS Untersuchungen und Versuche, mit denen er nachweisen wollte, daß durch die Pflanzenwurzel keine organischen Stoffe aufgenommen werden. Diese Untersuchungen, die LIEBIG in seine „Organische Chemie" (1840) aufnahm, und HARTIGS Veröffentlichungen über das LIEBIGsche Werk trugen dazu bei, die neue Lehre von der Ernährung der Pflanzen auch forstlichen Kreisen näher zu bringen. Besondere Untersuchungen widmete HARTIG dem Entstehen, der Ausbildung und Auflösung der Pflanzenzelle (1845). Wenn er dabei auch eine Nomenklatur für die Zellen und ihre Bestandteile aufstellte, die wenig Beachtung fand, so sieht MÖBIUS in dieser Arbeit den „ersten anerkennenswerten Versuch, die Zelle als einen Organismus für sich zu behandeln"[37]). Mehr Erfolg hatte HARTIG bei seiner Betrachtung der Zellinhaltstoffe. Hier erwarb er sich ein besonderes Verdienst durch die Entdeckung der in den Samen vorkommenden, aus Eiweiß sich bildenden Aleuronkörner (1844), die er zunächst Klebermehl nannte. HARTIG rechnet dieses zu den, wie er sie nennt, „organisierten Reservestoffen", unter denen er vorwiegend Mehle versteht (Zellulosemehl, Grünmehl, Stärkemehl u. a.). Das Klebermehl bildet sich nach HARTIGS Ansicht aus den aus dem Zellkern frei gewordenen und im Saft des Schlauchraums sich verteilenden Kernstoffkörpern, und zwar nachdem die Kernstoffkörper sich in Grünmehl (Chlorophyllmehl) und Stärke verwandelt haben[38]). Im Rahmen seiner Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzenzelle konnte HARTIG eine weitere Beobachtung machen. Er stellte fest, wie er es selbst beschreibt, daß „in der Region des Bastes und zwar in den dünnwandigen Fasern und Röhren derselben von einem kleinen Linsenraum aus eine Mehrzahl häutiger Tipfelkanäle nach dem Zellschlauch hin verlaufen, wodurch der Tipfel in der Aufsicht ein siebförmiges Ansehen erhält. Ich belegte diese Tipfelform daher mit dem Namen Siebtipfel, Siebporen"[39]). VON MOHL bestätigte zwar diese Entdeckung der Siebplatten durch HARTIG, wollte aber die Bezeichnung „Gitter" bzw. „Gitterzellen" einführen, da er nur eine gitterartige Verdickung an den betreffenden Stellen glaubte feststellen zu können und keine Durchbohrung der Zellwand[40]). Auf HARTIGS Einwand hin, „daß das Wort ‚Gitter' nicht weniger eine Durchbrechung bezeichne, wie das Wort ‚Sieb', daß dagegen diese Tipfelform mehr einem Sieb, als einem Gitter ähnlich sehe"[41]), blieb es bei der von ihm gewählten Bezeichnung. Über die physiologische Bedeutung seines „Siebtipfels" war sich HARTIG nicht im klaren. Anatomisch erschien er ihm jedoch insofern wichtig, als dieser, wie HARTIG bemerkt, „die Möglichkeit einer Unterscheidung der zuletzt gebildeten Holz- und Bastfasern nach vollendetem Jahreswuchs, einer Erkenntnis des Vorhandenseins und der Tätigkeit permanenter Mutterzellen für Holz und Bast" gibt[42]).

Damit war HARTIGS wissenschaftliches Schaffen auf dem Gebiet der Botanik und Forstbotanik nicht erschöpft. Er befaßte sich weiterhin u. a. mit der Befruchtung der Pflanzen, der Saftbewegung und Verdunstung, den Vorgängen bei der Samenreife und Keimung, der Jahrringbildung, der Anatomie fossiler Hölzer. Methodisch hat HARTIG zur Verbesserung der Verwendung chemischer Reagenzien und von Farbflüssigkeiten bei Untersuchungen über die Pflanzenzelle beigetragen. — Aber auch mit naturphilosophischen Fragen, insbesondere der Existenz oder Nicht-Existenz der sogen. „Lebenskraft" setzte sich HARTIG auseinander. Mit LIEBIGS Ausspruch: „Die Lebenskraft ist ein Popanz" und dem unter den damaligen Physiologen verbreiteten „Universalmaterialismus" kann sich HARTIG nicht einverstanden erklären. HARTIG neigt zum „Vitalismus, der im Lebendigen die Mitwirkung einer selbsttätigen körperlosen Kraft, einer Lebenskraft annimmt". Für ihn besteht kein Zweifel daran, daß auch im lebenden Organismus alle Bewegung und Veränderung von den Eigenschaften der Materie ausgehen, „daß auch im lebenden Organismus keine anderen als die Kräfte des Stoffs arbeiten[43]). Doch schließt dies nach seiner Meinung keineswegs die Annahme einer neben diesen stofflichen Kräften existierenden übergeordneten schaffenden, ordnenden und leitenden Kraft aus, einer Sonderkraft, die „im Zellkern wie in der Einzelzelle, im Gesamtorganismus wie im Universum" bestehen muß. „Die Idee des Schmetterlings ist schon im Ei ausgesprochen", sagt HARTIG[44]). Er lehnt auch die Behauptung ab, in der Berufung auf eine Lebenskraft ein Hindernis für das Forschen nach den materiellen Ursachen der Lebenserscheinungen zu sehen. Wird den stofflichen Kräften alle Arbeitsleistung, der Lebenskraft aber nur die Oberleitung für diese zugeschrieben, dann sieht er damit diese Behauptung entkräftet. Er räumt ein, daß, wie überall so auch hier „die letzte Ursache der Erscheinungen unserem Wissen entzogen ist"[45]). Am Schluß seiner „Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen", die einen beachtenswerten Überblick über HARTIGS anatomisches und physiologisches Schaffen und seine Leistungen gibt, kommt er aber doch zu der Feststellung, daß „Gewicht und Zahl der Wahrscheinlichkeiten", wie sie auch an vielen Stellen des Werkes zu sehen sind, „unstreitig auf der Seite des Vitalismus" liegen, „während für die, diesem entgegenstehende Ansicht nicht eine einzige Wahrscheinlichkeit besteht"[46]).

Es kann abschließend zu THEODOR HARTIG gesagt werden, daß er mit seinem Schaffen und seinen Werken mit als einer der ersten auf naturwissenschaftlicher Grundlage eine umfassende Darstellung der Forstbotanik, ihrer Probleme und weiteren Forschungsaufgaben gegeben hat.

Neben der erwähnten Steigerung der Produktion des Waldes war ein nicht minder wichtiger Faktor dessen Sicherung insbesondere gegen Schäden durch Insekten. Schwere Insektenkalamitäten suchten im 19. Jahrhundert große Waldgebiete heim. In den Jahren zwischen 1827 und 1840 trat in den Eichenwaldungen des Rheinlandes, Westfalens, in Hessen der Eichen-Prozessionsspinner auf; die große Kiefernraupe befiel die Kiefernbestände des Flachlandes; die Nonne fraß in Sachsen, der Mark, in Schlesien, in der Rheinpfalz, in Ober- und Mittelfranken, in Oberschwaben und kam bis in die Nähe des Bodensees. Die zweite große Fraßperiode zwischen 1845 und 1860 ist durch das Auftreten der Nonne gekennzeichnet, das zu großen Schäden in den ostpreußischen Wäldern führte. Schließlich suchte in den Jahren von 1862 bis 1872 der Kiefernspinner die pommerschen, märkischen und sächsischen Kiefernbestände heim[47]). Die durch diese entstandenen Schäden wurden nicht nur in ihrer Größenordnung, sondern auch in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung erkannt. Es war naheliegend, daß dadurch das Interesse der Forstwissenschaft auf die Insekten als dem wichtigsten Objekt der Forstzoologie gelenkt wurde. Zunächst bildeten sich zwei Hauptaufgaben: Die Erfor-

35) HARTIG, TH. (1843): Beiträge zur Entwicklungsgeschichte . . . Bd. II. S. 3.
36) HORN, W. (1880): Theodor Hartig. S. 298.
37) MÖBIUS, M.: a. a. O. S. 170.
38) HARITG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie . . . S. 114.
39) HARITG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie . . . S. 49.
40) SACHS, J. (1875): Geschichte der Botanik . . . S. 370.
41) HARITG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie . . . S. 49.
42) HARITG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie . . . S. 49/50.
43) HARITG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie . . . S. 2.
44) HARITG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie . . . S. 395/396.
45) HARITG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie . . . S. 397/398.
46) HARITG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie . . . S. 397.
47) BERNHARDT, A.: a. a. O., III. Bd. S. 254 ff.

schung von Biologie und Lebensweise der schädlichen Insekten sowie unter Zugrundelegung dieser die Erkennung der wirksamsten Abwehrmaßnahmen.

Diesen beiden Aufgaben widmete sich JULIUS THEODOR CHRISTIAN RATZEBURG in hervorragender Weise und legte mit seinem Wirken den Grund zu einer wissenschaftlichen Forstinsektenkunde. RATZEBURG wurde 1801 in Berlin geboren. Hier war sein Vater Professor an der Tierarzneischule. In den Jahren von 1821 bis 1825 studierte er in Berlin Medizin und kam dadurch zur praktischen Naturforschung. Von den Naturwissenschaften galt sein besonderes Interesse zunächst der Botanik. 1825 promovierte RATZEBURG mit einem botanischen Thema über die Umbildung unregelmäßiger Blüten in regelmäßige Blütenformen. 1826 erwarb er die ärztliche Approbation, machte davon jedoch keinen Gebrauch und wandte sich ganz der Wissenschaft zu. 1828 wurde RATZEBURG Privatdozent an der Universität Berlin. Damit begann die Zeit seiner naturwissenschaftlichen Forschung und Lehre. 1830 folgte er einem Ruf als Lehrer für die Naturwissenschaften, insbesondere Botanik, Zoologie und Mineralogie, an die neugegründete Höhere Forstlehranstalt in Eberswalde, an der er 1831 zum Professor ernannt wurde. Auf Grund seiner guten naturwissenschaftlichen Ausbildung arbeitete er sich schnell ein und war dann fast 39 Jahre der einzige Lehrer für die naturwissenschaftlichen Fächer. Die für einen erfolgreichen Unterricht erforderlichen, ihm aber fehlenden forstlichen Kenntnisse eignete er sich mit großer Energie durch eigenes Studium an. Nach seiner 1869 erfolgten Pensionierung zog RATZEBURG nach Berlin und starb hier 1871.

In dem vielseitigen wissenschaftlichen Schaffen RATZEBURGS begann sich sehr bald in Eberswalde die Forstentomologie als Schwerpunkt herauszubilden. Als Grund gibt er selbst das in den letzten Jahren in den preußischen Forsten zu beobachtende starke Auftreten forstschädlicher Insekten und die Notwendigkeit, die Wälder dagegen wirkungsvoll zu schützen, an. In diesem Zusammenhang betont RATZEBURG vor allem, daß es dabei notwendig ist, die „Fortschritte, die die beobachtende Naturgeschichte in den letzten Jahren gemacht hat", zu berücksichtigen[48]). So entstand als erstes Ergebnis seiner forstentomologischen Forschungen in den Jahren von 1837 - 1844 das dreibändige Werk über die als schädlich oder nützlich bekannt gewordenen Forstinsekten. RATZEBURG konzentrierte sich darauf, eine systematische Übersicht zu geben und die Insekten genau zu beschreiben sowie Vorkommen, Lebensweise, forstliche Bedeutung und Möglichkeiten der Bekämpfung der schädlichen eingehend zu behandeln. Darüber hinaus werden auch Vorbeugungsmaßnahmen angegeben und anhand zahlreicher Abbildungen morphologische Verhältnisse und Entwicklungsphasen erläutert. Wenn auch dieses Werk, mit dem RATZEBURG seinen wissenschaftlichen Ruf begründete, in seiner Anlage und Durchführung mehr eine praktische Zielsetzung verfolgte, so zeigt es doch deutlich das Bemühen, von systemlosen empirischen Vorstellungen abzugehen und auf der Grundlage naturwissenschaftlich geschulter exakter Beobachtung und Untersuchung zu einer wissenschaftlichen Darstellung zu kommen. Verstärkt tritt dies bei den von RATZEBURG schon kurz danach in 3 Bänden — 1844, 1848 und 1852 — herausgegebenen „Ichneumonen der Forstinsekten" in Erscheinung. Dieses Werk, dessen Entstehen RATZEBURG mit der Notwendigkeit einer biologischen Bearbeitung dieser Insektengruppe statt der bisher einseitigen morphologischen begründet, hat einen ausgesprochen wissenschaftlichen Charakter. Dabei geht es ihm um Klärung der strittigen, für die Praxis wichtigen Frage hinsichtlich der forstlichen Bedeutung dieser Insekten, d. h. ob die Ichneumonen Ursache für den Zusammenbruch einer Insektengradation sind oder ob ihr zahlreiches Auftreten nur die Folge einer übergroßen Insektenvermehrung ist. RATZEBURG glaubt nachweisen zu können, daß die Ichneumonen nur bereits kranke Raupen zur Eiablage benutzen, die Gradation somit ihre Kulmination bereits überschritten hat, und damit die „Ichneumonen Folge der Krankheit der Raupen sind, und nicht Ursache"[49]).

„Die Forstinsekten" und „Die Ichneumonen" stellen RATZEBURGS Hauptwerke dar. Mit ihnen erwarb er sich große Verdienste um die Forstentomologie und den Forstschutz. Sie zeigen deutlich Aufgabe und Ziel, die RATZEBURG seiner Forschungsarbeit gestellt hatte: den Ausbau der Forstwissenschaft auf naturwissenschaftlicher Grundlage, die Anwendung der Naturwissenschaften auf die Forstwissenschaft. Seine innere Einstellung zu den Naturwissenschaften war, entgegen manchen Zeittendenzen, von einer tiefen Gläubigkeit. Für RATZEBURG sind die Naturwissenschaften, wie er es zum Ausdruck bringt, „eine Stütze wahrer Religiosität", und man könne „nur Atheist werden, wenn man aus den Wahrheiten der Naturwissenschaften falsche Schlüsse ziehe"[50]). — RATZEBURG war aber nicht nur Forscher, er war fast vier Jahrzehnte auch Lehrer. Getragen von dem Grundsatz, „Die Naturwissenschaft als Gegenstand des Unterrichts, des Studiums und der Prüfung", wie der Titel eines seiner Werke lautet, und von der Vorstellung getragen, daß nur ein tüchtiger Forstmann sein kann, „wer mit der gehörigen praktischen Geschicklichkeit auch eine tiefe wissenschaftliche Bildung verbindet"[51]), ging RATZEBURG an seine Lehraufgabe mit der Überzeugung heran, daß, wie er sagt, „es nicht Aufgabe des Naturforschers ist, die Naturwissenschaft wie ein für das Leben unzulängliches Heiligtum zu betrachten"[52]).

Neben dieser aus dem biologischen Bereich der Naturwissenschaften kommenden Einflußnahme auf die Forstwissenschaft begann sich, wohl mit auf Grund der von LIEBIG wachgerufenen Überzeugung von der Notwendigkeit chemischer Kenntnisse für die Bodenkultur, die Erkenntnis von der Bedeutung chemischen Wissens auch in der Forstwissenschaft durchzusetzen. Zwei Männer waren es, JULIUS ADOLPH STÖCKHARDT und ERNST EBERMAYER, die den Fortschritt der naturwissenschaftlichen Forschung in der Forstwissenschaft in dieser Richtung maßgeblich beeinflußten.

Wie bei den meisten Chemikern der damaligen Zeit begann STÖCKHARDTS beruflicher Weg in der Apotheke. Geboren 1809 als Sohn eines Pfarrers in Röhrsdorf in Sachsen war er zunächst als Lehrling und Gehilfe in verschiedenen Apotheken tätig. 1832 ging er zur weiteren Ausbildung nach Berlin und hörte hier Vorlesungen in Chemie. 1833 und 1835 legte er die pharmazeutischen Staatsprüfungen für Preußen und Sachsen ab. Damit beendete STÖCKHARDT seine pharmazeutische Laufbahn und wandte sich der technischen Chemie zu. 1837 promovierte er mit einer Arbeit über den Unterricht und das Studium der Naturwissenschaften an der Universität Leipzig und erhielt 1838 eine Professur für Naturwissenschaften an der staatlichen Gewerbeschule in Chemnitz. 1847 erfolgte seine Berufung auf den neu eingerichteten Lehrstuhl für Agrikulturchemie und landwirtschaftliche Technik an der Akademie für Forst- und Landwirte zu Tharandt. Verbunden war damit die Einrichtung eines chemischen Laboratoriums und die Übernahme der Vorlesungen für Chemie, Agrikulturchemie und Bodenkunde. 1883 trat STÖCKHARDT in den Ruhestand und verstarb 1886 in Tharandt.

STÖCKHARDTS Bedeutung für die Forstwissenschaft beginnt mit seiner Berufung nach Tharandt. Neben seiner Vorlesungstätigkeit maß er dem chemischen Laboratorium eine wichtige Bedeutung bei. Er sah in diesem einmal ein wichtiges Unterrichtsmittel, zum anderen gab es ihm die Möglichkeit für die nach seiner Meinung notwendigen Untersuchungen und Versuche zur Förderung naturwissenschaftlicher, d. h. chemischer Grundlagen der Landbau- und Forstwissenschaft. Dabei zeichnen sich in STÖCKHARDTS forstlichen

48) RATZEBURG, J. T. C. (1837): Die Forst-Insekten ... 1. Tl. S. 5.

49) RATZEBURG, J. T. C. (1844): Die Ichneumonen ... I. Bd. S. 31.

50) RATZEBURG, J. T. C. (1849): Die Naturwissenschaft ... S. X, 101.

51) RATZEBURG, J. T. C. (1849): Die Naturwissenschaft ... S. 97.

52) RATZEBURG, J. T. C. (1866): Die Waldverderbnis ... I. Bd. S. 2.

Forschungen als Schwerpunkte u. a. Untersuchungen über Gesteinsarten und Bodenverwitterung, über Bodenverhältnisse sowie chemisch-physiologische Forschungen ab. Zur Veranschaulichung der Vielzahl der Einzelprobleme, denen STÖCKHARDT und seine Mitarbeiter nachgingen, seien einige herausgegriffen. So wurden untersucht: Grundgesteine der Tharandter Umgebung, der Einfluß der Bodenbedeckung auf die Regenmenge in verschiedenaltrigen Beständen, die Temperaturverhältnisse im Wald, der Einfluß des Bodens auf die Transpiration, das Steigen des Saftes in den Bäumen im Frühjahr, die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur, wobei alte Beobachtungen DUHAMELS über die Wurzelbildung der Bäume im Winter bestätigt wurden. Angeregt durch den Botaniker SACHS entwickelte STÖCKHARDT die Wasserkultur als neue agrikultur-chemische Forschungsmethode. Ein weiterer Problemkreis war die Streunutzung. Hier untersuchte STÖCKHARDT die Erschöpfung von Waldböden durch das Streurechen sowie den Einfluß der Streuentnahme auf den Zuwachs. Schließlich waren auch bereits die Rauchschäden — ein heute ebenfalls sehr aktuelles Problem — Gegenstand eingehender Forschungen, die sich von der Vergiftung des Bodens bis zur Einwirkung von Rauch und Abgasen auf das Wachstum der Bäume erstreckten.

STÖCKHARDT wirkte 36 Jahre in Tharandt. Seine zahlreichen und vielseitigen chemischen Untersuchungen zeigen, in welchem Umfang auch die Chemie begann, zur Lösung forstwissenschaftlicher Fragen beizutragen und der Forstwissenschaft neue Forschungsmöglichkeiten erschloß; Forschungsmöglichkeiten, die mit dazu dienen müssen, wie STÖCKHARDT betont, „durch die Erfahrung für besondere Verhältnisse festgestellte Tatsachen wissenschaftlich und naturgesetzlich zu begründen". Eine derartige wissenschaftliche Begründung „ist aber", wie STÖKHARDT meint, „nur durch zusammenhängende, systematische und längere Zeit konsequent fortgesetzte Versuche, Untersuchungen und Beobachtungen, an denen sich gleichzeitig Chemie, Physik, Physiologie, Geognosie und Meteorologie zu beteiligen haben, zu erzielen"[53]). Die Möglichkeit für eine derartige umfangreiche Versuchstätigkeit sah STÖCKHARDT aber nur in einer besonderen Versuchsstation gegeben. Er forderte daher, ähnlich der auf seine Initiative bereits ins Leben gerufenen agrikultur-chemischen Versuchsstationen, auch die Einrichtung forstlicher Versuchsstationen[54]). Damit hatte STÖCKHARDT in vorausschauender Weise bereits die Bedeutung eines forstlichen Versuchswesens erkannt.

Von der Bedeutung und Notwendigkeit forstlicher Versuchsstationen in gleicher Weise überzeugt war EBERMAYER. In einem Beitrag in der Zeitschrift des landwirtschaftlichen Vereins in Bayern (1861) hat er sich mit dieser Frage auseinandergesetzt und gleichzeitig eine Art Arbeitsprogramm für die von ihm in den Versuchsstationen für notwendig gehaltenen naturwissenschaftlichen Untersuchungen aufgestellt. Darin sieht er u. a. vor: eingehende, durch klimatologische Beobachtungen zu ergänzende Bodenuntersuchungen zur Erlangung genauerer Kenntnis der Standortsverhältnisse, vergleichende Untersuchungen über den Einfluß der verschiedenen mineralischen Nährstoffe auf das Wachstum der Bäume, Schaffung exakter Unterlagen zur wissenschaftlichen Lösung der Waldstreufrage, Asche- und Wassergehaltsuntersuchungen in den verschiedenen Baumteilen sowie über Speicherung und Verwendung der Reservestoffe, Schaffung zahlenmäßiger Unterlagen über den Einfluß des Waldes auf das Klima. Bei einem Überblick über das gesamte Schaffen EBERMAYERS läßt sich feststellen, daß er mit dieser Aufgabenstellung im wesentlichen sein eigenes Arbeitsprogramm aufstellte.

Ähnlich wie STÖCKHARDT kam auch EBERMAYER von der Pharmazie her. In Rehlingen in Mittelfranken wurde er 1829 als Sohn eines Pfarrers geboren. Nach Abschluß seiner pharmazeutischen Studien und Ablegung des pharmazeutischen Staatsexamens (1851) an der Universität München setzte er hier seine Studien insbesondere der Chemie, u. a. bei LIEBIG, und der Naturgeschichte fort. 1855 promovierte er an der Universität Jena. 1858 ging EBERMAYER als Lehrer für Chemie und Naturgeschichte an die Gewerbeschule in Landau/Pfalz und noch im gleichen Jahr erhielt er unter Ernennung zum Professor den Lehrstuhl für Chemie, Mineralogie und landwirtschaftliche Enzyklopädie an der Zentralforstlehranstalt in Aschaffenburg. Im Zuge der Reorganisation des forstlichen Unterrichts in Bayern erfolgte 1878 EBERMAYERS Berufung als ordentlicher Professor für Bodenkunde, Meteorologie und Klimatologie an die Staatswirtschaftliche Fakultät der Universität München. Nach Vollendung seines 70. Lebensjahres ließ sich EBERMAYER 1899 von seinen Vorlesungsverpflichtungen entbinden. Er starb 1908.

Meteorologie, Klimatologie und das Problem der Waldstreu bearbeitete EBERMAYER fast gleichzeitig, wie die im Abstand von nur drei Jahren von ihm herausgegebenen Werke über „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden und seine klimatologische und hygienische Bedeutung" von 1873 sowie „Die gesamte Lehre von der Waldstreu" von 1876 zeigen. EBERMAYER ging davon aus, daß der Wald „keineswegs nur eine Vorratskammer für Nutz und Brennholz ist, sondern vorzugsweise unser Interesse auch wegen seiner klimatischen Bedeutung" und als Regulator für den Wasserhaushalt verdient[55]). Unter diesem Gesichtspunkt führte er umfangreiche Beobachtungen und Untersuchungen u. a. über den Einfluß des Waldes auf Temperatur und Luftfeuchtigkeit, auf Bodenwärme und Bodenfeuchtigkeit, auf Verdunstung, Regenmenge sowie über die Temperatur der Bäume in verschiedenen Höhen durch. Als Grundlage und Voraussetzung für diese Untersuchungen veranlaßte EBERMAYER in den Jahren 1866 und 1867 die Errichtung von 6 forstmeteorologischen Beobachtungsstationen. Er war allerdings nicht der erste, der zur Erfassung des Waldklimas und der Auswirkungen des Waldes auf das Klima derartige Stationen einrichtete. Bereits in den Jahren 1862 und 1863 wurden auf Veranlassung von v. BERG und HERMANN KRUTZSCH 9 meteorologische Stationen in Sachsen errichtet. EBERMAYER besichtigte diese 1864. Ihm kommt allerdings das Verdienst zu, das Beobachtungs- und Versuchsprogramm derartiger Stationen wesentlich erweitert zu haben, indem er sie in engere Beziehung zum Wald brachte. Wenn berücksichtigt wird, daß EBERMAYER neben diesen forstmeteorologischen Stationen außerdem noch für seine Untersuchungen zur Waldstreufrage 87 Probeflächen anlegte, auf denen er u. a. den Einfluß stärkerer und schwächerer Streuentnahme auf den Zuwachs ermitteln wollte, so schuf er ein Versuchsprogramm, dessen Ziel es war, notwendige naturwissenschaftliche Grundlagen zu schaffen, dessen Erfüllung aber nur im Rahmen der von ihm geforderten forstlichen Versuchsstationen erfolgen konnte. Da EBERMAYER in der Waldstreufrage ein sowohl in wissenschaftlicher als auch wirtschaftlicher Beziehung sehr wichtiges Problem sah, maß er diesen Untersuchungen besondere Bedeutung bei. In wissenschaftlicher Hinsicht kam es ihm darauf an, „die gesamte Lehre der Waldstreu und die physikalische und chemische Einwirkung derselben auf den Boden dem heutigen Stand der Naturwissenschaften entsprechend zu bearbeiten"[56]). Für die Praxis wollte EBERMAYER daraus „wissenschaftliche Grundsätze und Regeln" abgeleitet wissen, „die der Wirtschafter zu beachten hat, um einer Verschlechterung und Erschöpfung des Waldbodens vorzubeugen und trotz Holzentzugs nicht nur dessen Fruchtbarkeit auf die Dauer zu erhalten, sondern dessen Produktionskraft mit der Zeit sogar zu steigern"[56]). Ziel seiner vielseitigen Untersuchungen war es, naturwissenschaftliche Grundlagen durch exakte Untersuchungen im Gelände für die

53) STÖCKHARDT, A. (1866): Rückblick ... S. 135/136.
54) STÖCKHARDT, A. (1866): Rückblick ... S. 136.
55) EBERMAYER, E. (1873): Die physikalischen Einwirkungen ... S. V.
56) EBERMAYER, E. (1876): Die gesamte Lehre der Waldstreu ... S. IV.

Forstwissenschaft zu schaffen. Die allseitige Durchführung dieser Untersuchungen hielt EBERMAYER aber nur in forstlichen Versuchsstationen für möglich und sprach sich daher für deren Einrichtung aus.

Neben seiner Forschungstätigkeit war EBERMAYER 46 Jahre als Lehrer tätig, davon 41 Jahre an forstlichen Ausbildungsstätten. Hier ging sein Bemühen dahin, aus den von ihm vertretenen Fächern den künftigen Forstleuten die für die Forstwirtschaft erforderlichen naturwissenschaftlichen Grundlagen zu geben.

Schließlich kann als eine nicht weniger bedeutsame Auswirkung der Naturwissenschaften deren Einflußnahme auf den Unterricht gesehen werden. Bei THEODOR HARTIG, RATZEBURG, STÖCKHARDT und EBERMAYER, die viele Jahrzehnte als Hochschullehrer tätig waren, zeigt sich deutlich die beginnende Erkenntnis, daß zur forstwissenschaftlichen Ausbildung ein gründliches naturwissenschaftliches Fundament gehört. So hat sich z. B. RATZEBURG in einer speziellen Arbeit mit den Naturwissenschaften als Gegenstand des Unterrichts, des Studiums und der Prüfung befaßt, während STÖCKHARDT sogar mit einer Arbeit über den Unterricht und das Studium der Naturwissenschaften promovierte. HARTIG, RATZEBURG, STÖCKHARDT und EBERMAYER bemühten sich, ihre Schüler durch wissenschaftliche Schulung über planlose Empirie zu erheben und richteten dabei ihren naturwissenschaftlichen Unterricht auf die forstlichen Belange aus. Auf diese Weise trugen sie in hervorragendem Maße dazu bei, den forstwissenschaftlichen Unterricht auf die notwendigen naturwissenschaftlichen Grundlagen zu stellen. Damit begann aber auch die Zeit der Polyhistoren, die noch in der Lage waren, das gesamte forstliche Wissen zu beherrschen, zu Ende zu gehen. Diese Durchdringung des forstwissenschaftlichen Unterrichts mit naturwissenschaftlichen Elementen fand auch äußerlichen Ausdruck in der erwähnten verschiedentlichen Einrichtung naturwissenschaftlicher Lehrstühle an forstlichen Ausbildungsstätten. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß diese Entwicklung nur langsam voranging und manch hemmende Faktoren zu überwinden hatte. So bestand in den Forstverwaltungen teilweise die Ansicht, daß für den Forstdienst weniger wissenschaftlich ausgebildete Wirtschaftler als viel mehr gute Verwaltungsbeamte gebraucht werden. Gleichfalls nicht förderlich waren die Auseinandersetzungen über die zweckmäßigste Organisation des forstlichen Unterrichts hinsichtlich der Frage: isolierte Fachschule oder Verlegung des forstlichen Unterrichts an Universitäten. Interessant ist, daß THEODOR HARTIG und RATZEBURG, die wohl als ausgesprochene Vertreter der Forstwissenschaft und des forstwissenschaftlichen Unterrichts angesehen werden können, den Universitätsunterricht ablehnten.

## Zusammenfassung

Im 19. Jahrhundert erfolgte ein allgemeiner Aufschwung der Naturwissenschaften. Dabei zeichnete sich neben einer Entwicklung der technischen Gebiete eine Betonung der biologischen Wissenschaften ab. Ein wesentliches Entwicklungsmoment dafür war die vor sich gehende Umwälzung im naturwissenschaftlichen Denken, wie sie durch die Aufstellung des Energieprinzips und die schärfere Fassung des Entwicklungsgedankens sowie durch die Erschütterung des Glaubens an übernatürliche Kräfte im naturwissenschaftlichen Bereich bewirkt wurde.

In der Botanik und Zoologie kam es zu einer Änderung beziehungsweise Erweiterung der Arbeitsrichtung. Durch den Aufschwung, den Physik und Chemie nahmen, wurde es möglich, neben den bisherigen systematischen, morphologischen und anatomischen Fragen nunmehr auch den physiologischen Vorgängen mit allen Mitteln exakter Forschung nachzugehen.

Die vor der Forstwirtschaft im 19. Jahrhundert stehenden vielseitigen Aufgaben zur Produktionssteigerung und Sicherung der Wälder verlangten neben volkswirtschaftlichen und forsttechnischen Kenntnissen weitere naturwissenschaftliche, insbesondere auf biologischem und chemischem Gebiet liegende Grundlagen. Dies führte dazu, daß einzelne Naturwissenschaften wie Botanik, Zoologie bzw. Entomologie und Chemie zu einem weiteren Ausbau der Forstwissenschaft beitrugen. Verbunden damit war eine weitere Entwicklung der Forstbotanik und Forstzoologie bzw. Forstentomologie zu selbständigen forstlichen Wissensgebieten und die Herausbildung einer forstlichen Bodenkunde.

Dadurch begann im 19. Jahrhundert eine Spezialisierung der Forstwissenschaft. Die Erweiterung naturwissenschaftlicher Grundlagen gab weiterhin der Forstwissenschaft die Möglichkeit für eine Intensivierung der Forschung und Aufstellung umfangreicher Forschungsprogramme mit dem Ziel, auf dem Wege exakter Forschung die naturgesetzlichen Grundlagen der Forstwirtschaft zu untersuchen. Damit zeichneten sich erste Anfänge eines forstlichen Versuchswesens ab.

Der forstwissenschaftliche Unterricht erfuhr ebenfalls eine Einflußnahme durch naturwissenschaftliche Elemente. An den behandelten forstlichen Persönlichkeiten zeigt sich deutlich die beginnende Erkenntnis, daß zur forstwissenschaftlichen Ausbildung ein gründliches naturwissenschaftliches Fundament gehört.

Wenn auch nicht als unmittelbare Auswirkung, so kann die von BERNHARDT vorgenommene Darstellung der Geschichte der Forstwissenschaft im Zusammenhang mit der im 19. Jahrhundert sich entwickelnden Geschichte der Naturwissenschaften gesehen werden. BERNHARDT gibt zwar keine Geschichte der Naturwissenschaften. Seine Darstellung ist aber bereits von dem Gedanken einer Geschichtsschreibung getragen, die die Naturwissenschaften im Rahmen der Gesamtentwicklung betrachtet; einer Geschichtsschreibung, die in der Vielzahl der Einzelheiten und Spezialisierung den Blick für das große Ganze zu wahren sucht. Denn nicht allein in der Spezialisierung, sondern auch in der Verbindung der verschiedenen Wissensgebiete liegt eine unerschöpfliche Quelle des Fortschritts.

## Summary

Title of the paper: *The influence of natural science on forestry science during the 19th century evidenced by some eminent foresters.*

The upsurge of natural science during the 19th century emphasised biology. The revolution in scientific thinking, especially with respect to energy, evolution and the action of supernatural forces in the field of natural science, gave important momentum. Zoology and botany expanded and moved into new directions, being enabled by the developments in chemistry and physics to research into physiological processes.

The tasks of increasing productivity and stability demanded knowledge of natural science, especially of biology and chemistry, in addition to conventional economic and technological knowledge. This lead to the development of forest zoology, botany and soil science, and consequently to the birth of specialization.

The expanding natural science gave an opportunity to formulate intensive and comprehensive research programmes in forestry which was the beginning of organized research in forestry.

The teachers of the time also realized the importance of a solid basis in natural science in forestry education.

BERNHARDT's history of forestry science already treats natural science in the context of general developments. He views the diversity of single phenomena and of specialized subjects within a larger frame of reference permitting the integration which is essential to scientific progress.

**Résumé**

Titre de l'article: *Les influences des sciences naturelles sur les sciences forestières au XIXème siècle selon des représentants éminents des sciences forestières allemandes.*

Un essor général des sciences naturelles eut lieu au XIXème siècle. A côté du développement dans le domaine technique, l'accent fut également mis sur les sciences biologiques. La découverte du principe de la conservation de l'énergie, une meilleure compréhension des notions d'évolution, les coups portés à l'idée d'une influence de forces surnaturelles conduisirent à une révolution des idées dans le domaine des sciences naturelles.

En botanique et en zoologie, les travaux furent conduits différemment et dans de nouvelles directions. On s'était intéressé jusqu'alors aux questions de systématiques, de morphologie et d'anatomie; le développement de la chimie et de la physique permirent d'aborder l'étude des processus physiologiques suivant les méthodes des sciences exactes.

Au XIXème siècle les sciences forestières poursuivaient de nombreux objectivs pour augmenter la production et préserver les forêts; outre les connaissances techniques et économiques, des notions plus solides dans le domaine des sciences naturelles et plus spécialement en biologie s'avérèrent nécessaire. Les différentes disciplines des sciences naturelles, botanique, zoologie et entomologie, chimie contribuèrent au large développement des sciences forestières. Dans le domaine propre des sciences forestières, il en résultat un essor de la botanique forestière, de la zoologie et de l'entomologie forestières et la pédologie forestière naquit.

La spécialisation dans les sciences forestières débuta au XIXème siècle; grâce aux bases scientifiques il devint possible de développer la recherche; les importants programmes qui furent dressés visaient à découvrir les lois naturelles s'appliquant à ce domaine en suivant les méthodes des sciences exactes. Tels furent les premiers balbutiements de la recherche forestière.

L'enseignement forestier fut également influencé par l'évolution des sciences naturelles; il était en effet apparu clairement aux personnalités concernées que les sciences naturelles devaient être à la base de cet enseignement.

Bien qu'indirectement, la présentation que donne BERNHARDT de la physionomie des sciences forestières peut être regardée comme influencée par celle que prenaient les sciences naturelles à la suite de leur évolution au cours du XIXème siècle. Certes BERNHARDT ne donne aucune description des sciences naturelles. Son exposé vise cependant à présenter les sciences naturelles dans le cadre de l'évolution générale; malgré la diversité des faits, malgré la spécialisation, il cherche toujours à conserver la notion du général, de l'important. La source inépuisable du progrès ne se trouve pas uniquement dans la spécialisation, mais aussi dans l'alliance des différentes disciplines scientifiques. J. M.

**Literatur**

1. BERNHARDT, A. (1872, 1874, 1875): Geschichte des Waldeigentums, der Waldwirtschaft und Forstwissenschaft in Deutschland. 3 Bde. Berlin. — 2. DAMPIER, W. C. (1952): Geschichte der Naturwissenschaft in ihrer Beziehung zu Philosophie und Weltanschauung. Wien, Stuttgart. — 3. DANNEMANN, FR. (1921 - 1924): Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhange. Bd. II - IV. Leipzig (2. Aufl.). — 4. DANNEMANN, FR. (1928): Vom Werden der naturwissenschaftlichen Probleme. Grundriß einer Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig. — 5. EBERMAYER, E. (1873): Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden und seine klimatologische und hygienische Bedeutung, begründet durch die Beobachtungen der forstl.-meteorolog. Stationen im Königreich Bayern. I. Bd. Aschaffenburg. — 6. EBERMAYER, E. (1876): Die gesamte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues. Berlin. — 7. HARTIG, TH. (1843): Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen. Mit besonderer Beziehung auf die vom Professor Dr. M. J. Schleiden in dessen: Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, Bd. II. 1843, gegen meine neueren physiologischen Arbeiten erhobenen Einwendungen. Berlin. — 8. HARTIG, TH. (1878): Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. Dargestellt in der Entstehungsweise und im Entwicklungsverlaufe der Einzelzelle, der Zellsysteme, der Pflanzenglieder und der Gesamtpflanze. Berlin. — 9. HEISENBERG, W. (1944): Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaften. Leipzig (5. Aufl.). — 10. HORN, W. (1880): Theodor Hartig †. Zschr. f. Forst- u. Jagdwes. (Hrsg. B. Danckelmann). 12. Jg. Berlin. S. 292 - 309. — 11. KOSEL, G. (1957): Produktivkraft Wissenschaft. Berlin. — 12. MASON, ST. F. (1961): Geschichte der Naturwissenschaft in der Entwicklung ihrer Denkweisen. (Deutsche Ausgabe von B. Sticker.) Stuttgart. — 13. MAYERHÖFER, J. (Hrsg.) (1959): Lexikon der Geschichte der Naturwissenschaften. Wien. — 14. MÖBIUS, M. (1937): Geschichte der Botanik. Von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart. Jena. — 15. RATZEBURG, J. T. C. (1837): Die Forst-Insekten oder Abbildung und Beschreibung der in den Wäldern Preußens und der Nachbarstaaten als schädlich oder nützlich bekannt gewordenen Insekten; in systematischer Folge und mit besonderer Rücksicht auf die Vertilgung der Schädlichen. 1. Teil: Die Käfer. Berlin. — 16. RATZEBURG, J. T. C. (1844): Die Ichneumonen der Forstinsekten in forstlicher und entomologischer Beziehung, ein Anhang zur Abbildung und Beschreibung der Forstinsekten. I. Bd. Berlin. — 17. RATZEBURG, J. T. C (1849): Die Naturwissenschaft als Gegenstand des Unterrichts, des Studiums und der Prüfung. Berlin. — 18. RATZEBURG, J. T. C. (1866): Die Waldverderbnis oder dauernder Schade, welcher durch Insektenfraß, Schälen, Schlagen und Verbeißen an lebenden Waldbäumen entsteht. Zugleich ein Ergänzungswerk zu der Abbildung und Beschreibung der Forstinsekten. I. Bd. Berlin. — 19. RICHTER, A. (1969): Institut für Forstwissenschaften Eberswalde. Entwicklung — Stand — Ziele. Arch. Forstwes. 18, 9/10, S. 891 - 906. — 20. SACHS, J. (1875): Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860. München. — 21. SARTON, G. (1965): Das Studium der Geschichte der Naturwissenschaften. Übersetzt und bearbeitet von Olaf Hein und Helmut Kastl. Frankfurt/M. — 22. SCHMUCKER, TH. (1936): Geschichte der Biologie .Göttingen. — 23. SCHWAPPACH, A. (1886, 1888): Handbuch der Forst- und Jagdgeschichte Deutschlands. 2 Bde. Berlin. — 24. STÖCKHARDT, A. (1866): Rückblick auf die im akademischen Laboratorium zu Tharand vorgenommenen forstlich- und physiologisch-chemischen Untersuchungen, — eine Anregung zur Gründung forstlicher Versuchsstationen. Tharander Jahrbuch, zugleich Festschrift zum 50jährigen Jubiläum der Akademie 1866. 17. Bd., 3. Abt. Leipzig. S. 96 - 136.

# Untersuchungen über die Fomes-annosus-Rotfäule an Fichte*)

Von S. SCHÖNHAR, Wittental

## Einleitung

In mehreren europäischen Ländern wird die Fichte (*Picea abies Karst.*) von der sogenannten „Rotfäule" bedroht, die wirtschaftlich sehr bedeutsame Holzverluste hervorruft. Sie äußert sich in einer rotbraunen Verfärbung des Holzes, die mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Strukturzerstörung verbunden ist. An der Rotfäule können verschiedene Pilzarten beteiligt sein, die fast ausschließlich zur Klasse der Basidiomyceten gehören. Einige derselben befallen das Holz vorwiegend über Rindenverletzungen am Stamm. Man spricht in diesem Fall von einer „Wundfäule". Häufige Wundfäuleerreger sind vor allem Stereum sanguinolentum Alb. et Schw. und St. areolatum Fr. Andere Pilze dagegen infizieren zunächst die Wurzeln und stoßen von diesen aus in das Kernholz des Stammes vor. Die auf diese Weise zustande kommende Holzzerstörung pflegt man als „Kernfäule" oder „Stockfäule" zu bezeichnen. Wichtige Kernfäuleerreger sind *Fomes annosus* (Fr.) Cooke, *Armillaria mellea (Vahl. ex Fr.) Quel.* und *Odontia bicolor* (Alb. et Schw. ex Fr.) Bres. Nach den vorliegenden Untersuchungen spielt unter den Rotfäulepilzen Fomes

*) Vortrag anläßlich der 100-Jahr-Feier der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt am 8. 6. 71 in Freiburg.

annosus die größte Rolle. So konnte dieser in mehr als 50 % der von faulen Fichtenstämmen in Deutschland bisher entnommenen Holzproben nachgewiesen werden (17, 20 u. 26). Gelegentlich tritt er auch als Wundfäuleerreger auf.

*Fomes annosus* sucht außer der Fichte auch häufig die Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) heim. Andere Nadelhölzer, wie Douglasie (*Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco*), europäische Lärche (*Larix decidua Miller*) und Tanne (*Abies alba Miller*), sind gegen ihn weniger anfällig. Ab und zu zeigt sich der Parasit auch an verschiedenen Laubbäumen und Sträuchern. Seine konsolenförmigen Fruchtkörper, die mehrere Jahre alt werden können, entstehen an Stöcken, an der Basis befallener Bäume und an Wurzeln. Sie besitzen eine braune Oberseite und eine weiße, später gelbbräunlich werdende Röhrenschicht, in der fast das ganze Jahr über Basidiosporen gebildet werden. Man nimmt an, daß sich *Fomes annosus* vor allem durch diese Sporen ausbreitet. Der Pilz vermag außerdem Konidiosporen zu erzeugen, die sich an köpfchenförmig angeschwollenen Myzelträgern entwickeln. Konidien sind fast stets in künstlichen Kulturen zu finden, in der Natur dagegen scheinen sie nach den bisherigen Beobachtungen nicht häufig vorzukommen. *Fomes annosus* hat den Schwerpunkt seiner Verbreitung auf Böden mit hohem Kalkgehalt (20 u. 24). Besonders stark bedroht er Erstaufforstungen auf ehemaligen waldfreien Flächen.

Die Bedeutung von *Fomes annosus als* Rotfäuleerreger an der Fichte veranlaßte uns, diesem unsere besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Obwohl sich mit dem Pilz schon zahlreiche Forscher eingehend befaßten, ist seine Lebensweise noch nicht genügend erforscht. Das ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß sich der Befall an den Wurzeln im Boden abspielt und sich dadurch der direkten Beobachtung entzieht. So ist auch die für die Ausarbeitung von Gegenmaßnahmen wichtige Frage, auf welche Weise der Parasit in den Fichtenbeständen Fuß faßt und sich dann weiter ausbreitet, nur zum Teil geklärt.

Eingehende Untersuchungen über die Ausbreitung von *Fomes annosus* führte RISHBETH (18) in englischen Kiefernbeständen erster Generation auf ehemaligem Acker- bzw. Heideland durch. RISHBETH stellte fest, daß die Sporen des Pilzes, die durch den Wind weit verbreitet werden, frisches Holz leicht zu infizieren vermögen. Ein ideales Substrat für sie sind daher die bei jeder Durchforstung anfallenden Stubben. Gelangt eine Spore auf die Schnittfläche eines derartigen Stockes, dann dringt das sich bildende Myzel in das Holz ein und wächst bis zu den Wurzeln hinab. Hat eine so infizierte Stubbenwurzel engen Kontakt zu der Wurzel eines Nachbarbaumes, so kann letzterer infiziert werden. Über die Wurzeln der befallenen Kiefern kann eine weitere Ausbreitung des Pilzes erfolgen.

### Befall von Erstaufforstungs-Beständen

Die Untersuchungsergebnisse RISHBETHS regten uns dazu an, ähnliche Studien in Fichtenbeständen Baden-Württembergs anzustellen (21). Vor allem wurde der Frage nachgegangen, wie die Ausbreitung von *Fomes annosus* in Erstaufforstungen auf ehemaligen waldfreien Flächen vor sich geht. Es wurden hierzu 10 noch nicht durchforstete Bestände im Alter zwischen 18 und 39 Jahren auf rotfäulegefährdeten Standorten ausgesucht. In jedem Bestand wurde eine 0,2 ha große Versuchsfläche angelegt. Auf 5 dieser Flächen waren von den unterdrückten Fichten mehrere abgestorben.

Zunächst wurden von den toten Bäumen jeweils 15 gefällt und deren Stöcke unmittelbar danach ausgegraben. Zur Untersuchung auf Rotfäulepilze wurden im Labor aus dem Holz jedes Wurzelkopfes und der stärkeren Wurzeln unter keimfreien Bedingungen mit dem Hohleisen mehrere Holzspäne entnommen und auf Malzagarsubstrat ausgelegt. Von den sich entwickelnden Pilzmyzelen wurden durch wiederholte Überimpfungen Reinkulturen zur Artbestimmung hergestellt. Zum speziellen Nachweis von *Fomes annosus* wurden die Wurzelköpfe halbiert und in feuchtes Zeitungspapier eingewickelt. Ferner wurden von jedem Stock 3 - 5 der abgetrennten Wurzelstränge in 3 cm lange Stücke geschnitten, gehälftet und in Petrischalen auf feuchtem Fließpapier ausgelegt. Die Proben wurden bei Zimmertemperatur bebrütet und nach ca. 14 Tagen auf Pilzbefall untersucht. Erfahrungsgemäß entwickeln sich auf so behandeltem Holz, das von dem Parasiten besiedelt ist, nach einigen Tagen dessen Konidienrasen, die seine sichere Identifizierung ermöglichen(18).

In keiner Probe konnte *Fomes annosus* festgestellt werden. Auch andere typische Rotfäuleerreger waren nicht nachzuweisen.

Nachdem die Versuchsbestände kräftig durchforstet worden waren, wurden die Schnittflächen der von den lebenden Bäumen stammenden Stubben genau auf Verfärbungen untersucht, die mit einem Fäulebefall in Zusammenhang stehen könnten. Auf keiner Fläche ergaben sich jedoch Anhaltspunkte dieser Art. Zur genaueren Untersuchung wurden aus jedem Bestand nach Freilegung der Hauptwurzelstränge 30 Stöcke mittels eines Flaschenzuges herausgezogen. Zum Nachweis eventuell vorhandener Rotfäulepilze wurde methodisch wie bei den Stubben von den abgestorbenen Fichten vorgegangen.

Keine der Proben war von *Fomes annosus* infiziert. Auch andere Holzzerstörer waren nicht vorhanden.

Die erhaltenen Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß in Fichtenbeständen erster Generation auf vordem unbewaldeten Böden vor der ersten Durchforstung mit einem Rotfäulebefall kaum zu rechnen ist.

Nach 3 Jahren wurden aus 4 der Versuchsflächen 30 weitere Stöcke entnommen, um zu prüfen, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmaße diese inzwischen von *Fomes annosus* besiedelt worden sind. Die Untersuchung auf Rotfäulepilze erfolgte wieder in der bereits beschriebenen Weise.

Von den ausgegrabenen Stöcken zeigten 23 % einen Befall durch *Fomes annosus.* Bei den meisten dieser Stubben war der Pilz weit in die Wurzeln vorgestoßen. Zum Teil konnte er in nur 3 mm dicken Wurzeln nachgewiesen werden. Der Parasit vermochte sich nicht nur im Holz sondern auch in der Rinde der Wurzeln auszubreiten. Neben ihm kamen auch andere Rotfäuleerreger in den Stubben vor. Gefunden wurden vor allem *Stereum sanguinolentum* und *St. areolatum,* die vornehmlich das Stockholz besiedelt hatten und nur in geringem Umfange in die Wurzeln eingedrungen waren.

Die weiteren Untersuchungen befaßten sich nun mit der Frage, ob von den besiedelten Stöcken aus ein Überwachsen des *Fomes-annosus-Myzels* auf die Wurzeln benachbarter Fichten möglich ist. In unseren vor 2 - 4 Jahren erstmals durchforsteten Versuchsflächen konnten noch keine Anhaltspunkte für eine Infektion von Bäumen gefunden werden. Dagegen waren in Nachbarbeständen, die vor 6 - 10 Jahren durchhauen worden waren, Fichten mit Befallssymptomen vorhanden. Diese wiesen eine schüttere Benadelung und Harzfluß an der Stammbasis auf. Um den Ausgangspunkt der Infektion feststellen zu können, wurden für die Studien Bäume ausgewählt, deren Nachbarn in einem Umkreis von mindestens 10 m gesund zu sein schienen. Bisher wurden 12 Fichten untersucht. Es zeigte sich, daß diese alle in engem Wurzelkontakt zu von *Fomes annosus* stark befallenen Stubben standen. In der Rinde und im Holz der sich berührenden Baum- und Stubbenwurzeln konnte stets das Myzel des Pilzes nachgewiesen werden.

Die Untersuchungsergebnisse sprechen eindeutig dafür, daß *Fomes annosus* in der Lage ist, über die bei der Durchforstung anfallenden Stubben benachbarte Fichten zu infizieren. Zu entsprechenden Resultaten kamen PALUDAN (16) und YDE-ANDERSEN (25) bei Erhebungen in Dänemark.

Daß eine Infektion von lebenden Fichtenwurzeln durch *Fomes-annosus-Myzel* möglich ist, konnte auch experimentell nachgewiesen werden. Nach Untersuchungen von BRAUN und LULEV (3) vermag auf Holzklötzchen kultiviertes Myzel des Pilzes durch die unverletzte Rinde in fingerstarke Wurzeln einzudringen. Das Rindengewebe wurde dabei nur in geringem Umfange befallen. Der Parasit breitete sich nach gelungener Infektion hauptsächlich axial im Zentrum des Wurzelholzes aus.

Ein ähnlicher Versuch wurde auch von uns in einem 40jährigen Fichtenbestand auf rotfäule-gefährdetem Standort durchgeführt. Die Impfungen erfolgten an 1 - 3 cm starken Seitenwurzeln in 5 - 20 cm Bodentiefe. Es wurde hierzu auf 5 cm langen Fichtenwurzelstücken kultiviertes Myzel des Pilzes verwendet. Sowohl an verwundeten als auch an intakten Wurzeln stellte sich ein Infektionserfolg ein. Nach 12 Monaten war das Myzel nicht nur im Holz sondern auch im Rindengewebe bis zu 20 cm vorgestoßen. Auch auf der Wurzeloberfläche konnte es zum Teil nachgewiesen werden. Das infizierte Holz zeigte bräunliche Verfärbungen, jedoch noch keine deutliche Strukturveränderung. Die befallenen Rindenteile waren abgestorben.

Die nur geringe Ausbreitung des *Fomes-annosus-Myzels* in der Wurzelrinde bei den Versuchen von BRAUN und LULEV steht möglicherweise mit dem umgebenden Bodenmilieu in Zusammenhang. So beobachtete RISHBETH (18), daß die Rinde von Kiefernwurzeln in alkalischen Böden meist in größerem Ausmaße als in saurem Substrat von dem Pilz besiedelt wird.

Unsere bisherigen Wurzelgrabungen ergaben, daß *Fomes annosus* in Erstaufforstungen oft in erheblichem Umfange das Rindengewebe von Fichtenwurzeln durchwächst. Häufig sind dort die Wurzeln so stark geschädigt, daß die betroffenen Bäume absterben. Die Fähigkeit des Pilzes, sich in bestimmten Böden an der Wurzeloberfläche gegenüber anderen Organismen zu behaupten, dürfte für seine Ausbreitung im Bestand von großer Bedeutung sein.

Noch nicht sicher geklärt ist, ob eine Besiedlung von frischen Fichtenstöcken durch *Fomes-annosus-Sporen* ausschließlich über die Schnittflächen erfolgt. So ist theoretisch auch eine direkte Infektion der allmählich absterbenden Stubbenwurzeln denkbar.

Nach Untersuchungen von RISHBETH (18) sowie von KUHLMAN (13) können die Sporen des Pilzes im Boden mehrere Monate lang am Leben bleiben. Sie sind jedoch auf Grund konkurrierender anderer Organismen nicht fähig, dort zu keimen oder ein Myzel auszubilden. Offenbar kann sich der Parasit nur auf Holzsubstrat behaupten. Es muß jedoch damit gerechnet werden, daß seine Sporen infolge starker Niederschläge oder während der Schneeschmelze an die Oberfläche von Wurzeln gespült werden, und diese dann zu infizieren vermögen. Beobachtungen von HODGES (11) sprechen dafür, daß Stockwurzeln von *Pinus elliottii Engelm.* von den Sporen des Pilzes befallen werden können. KUHLMAN (14) impfte mit Konidiosporen Stubbenwurzeln dieser Kiefernart mit Erfolg. An Fichtenstöcken wurden derartige Untersuchungen bisher noch nicht angestellt. Wir haben vor, uns mit dieser Frage in nächster Zeit zu befassen.

Weiter ist noch zu erforschen, ob durch die Sporen von *Fomes annosus* die Wurzeln lebender Fichten infiziert werden können. Einen Beitrag hierzu leistete DIMITRI (4) durch Infektionsversuche mit Basidiosporen an unverletzten und verwundeten Fichtenwurzeln. Ein Befall stellte sich ein, wenn die Rinde wenigstens geringfügige Verletzungen aufwies. Je stärker die Wurzeln beschädigt waren, desto größer war der Infektionserfolg. An Kiefernwurzeln nahmen entsprechende Versuche WALLIS (22) sowie HENDRIX und KUHLMAN (10) vor. Diese Forscher erzielten ebenfalls nur an verwundeten Wurzeln einen Befall.

Die Möglichkeit einer Infektion von Fichtenwurzeln durch *Fomes-annosus-Sporen* wurde auch von uns experimentell geprüft. Die Versuche wurden in jenem Fichtenbestand angelegt, in dem die bereits beschriebenen Myzelinfektionen vorgenommen worden sind. Die Impfungen erfolgten sowohl mit Basidio- als auch mit Konidiosporen an teils unverletzten und teils bis auf das Holz verwundeten 1 - 3 cm starken Seitenwurzeln, die sich 5 - 20 cm tief unter der Erdoberfläche befanden. Unmittelbar nach der Behandlung wurden die Wurzeln in der ursprünglichen Schichtfolge mit Boden bedeckt. Nach 1 Jahr wurden sie ausgegraben, in der Nähe des Wurzelkopfes abgeschnitten und im Labor sorgfältig auf *Fomes-annosus*-Befall untersucht. An den unverletzten Wurzeln hatten weder die Basidio- noch die Konidiosporen eine Infektion verursacht. Dagegen waren von den verwundeten Wurzeln 20 % von Basidio- und 25 % von Konidiosporen infiziert worden.

Die erhaltenen Untersuchungsbefunde berechtigen zu dem Schluß, daß eine Infektion von Fichtenwurzeln im Boden durch Sporen von *Fomes annosus* nur über Wundstellen möglich ist. Es erhebt sich nun die Frage, in welchem Umfang in der Natur Wurzelverletzungen vorkommen, die dem Pilz als Eintrittspforten dienen können. Nach DIMITRI (5) sind in über 20 Jahre alten Fichtenbeständen Wurzelbeschädigungen mechanischer Art und durch Tierfraß ziemlich häufig. Auch wir stießen bei unseren Grabungen oft auf derartige Verletzungen. Für eine Sporeninfektion geeignete Wundstellen dürften demnach im allgemeinen in ausreichender Zahl vorhanden sein. Noch nicht geklärt ist dagegen, ob Böden, auf denen Fichtenbestände stocken, so stark von keimfähigen Sporen des Pilzes verseucht sein können, daß ein Befall eintreten kann. Das genau zu untersuchen, ist nun eine vordringliche Aufgabe.

Kurz erwähnt sei, daß NUORTEVA und LAINE (15) eine Übertragung von *Fomes-annosus-Sporen* durch Insekten für möglich halten. Eine Infektion von Bäumen auf diese Weise konnte jedoch bisher nicht nachgewiesen werden.

Die Meinungen über die Bedeutung frischer Fichtenstöcke für den Befall von Erstaufforstungen durch *Fomes annosus* sind geteilt. DIMITRI, KLIEFOTH und ZYCHA (6) sind auf Grund ihrer Beobachtungen in nordwestdeutschen Fichtenbeständen der Auffassung, daß derartige Stubben als Infektionsüberträger nur eine geringe Rolle spielen. Unsere bisherigen Erhebungen dagegen sprechen dafür, daß sich der Pilz in Fichtenbeständen Baden-Württembergs häufig auf diesem Wege ausbreitet. Zur sicheren Klärung dieses Problems bedarf es noch zahlreicher Wurzeluntersuchungen auf verschiedenen Standorten.

Sollte es sich zeigen, daß *Fomes annosus* vornehmlich über von ihm besiedelte Stöcke Fichten-Erstaufforstungen bedroht, so könnten gegen einen Befall Maßnahmen ergriffen werden. Eine Verminderung der Rotfäule dürfte dann schon durch die jetzt übliche Wahl weiterer Pflanzverbände zu erreichen sein. Da in weitständig begründeten Beständen die erste Durchforstung wesentlich später als bei engem Stand erforderlich ist und weniger Stubben anfallen, dürften die Voraussetzungen für den Pilz, in diesen Fuß zu fassen, erheblich ungünstiger sein. Außerdem kann nach Untersuchungen vor allem britischer und amerikanischer Forscher die Besiedlung frischer Nadelholzstöcke durch *Fomes annosus* weitgehend verhindert werden, indem man deren Schnittstellen unmittelbar nach dem Hieb mit Chemikalien behandelt (1, 8, 9, 19 u. 23). Einige dieser Mittel, wie z. B. Natriumnitrit oder Borax, werden in Kiefernbeständen Großbritanniens und der USA bereits in größerem Umfange eingesetzt. Über den wirtschaftlichen Erfolg dieser Maßnahmen liegen jedoch erst wenige Angaben vor. Wir wollen in den nächsten Jahren ähnliche Versuche in Fichtenbeständen Baden-Württembergs durchführen.

In Kiefernbeständen können frische Stöcke auch auf biologischem Wege gegen einen Befall geschützt werden. Es wird hierzu der *Basidiomycet Peniophora gigantea (Fr.) Massee* benützt, der sich *Fomes annosus* gegenüber antagonistisch verhält und diesen aus dem Stubbenholz zu verdrängen vermag (19). Das Verfahren

erwies sich als ebenso wirksam wie die chemische Behandlung (9). Nach neueren Untersuchungen von KALLIO (12) in Finnland ist *Peniophora gigantea* auch in der Lage, *Fomes annosus* an der Besiedlung von Fichtenstöcken weitgehend zu hindern.

Seit kurzem führen wir auch Erhebungen über die Ausbreitung von *Fomes annosus* in Fichtenbeständen zweiter Generation durch. Zunächst soll dort vor allem ermittelt werden, welche Bedeutung den alten Stöcken des Vorbestandes als Infektionsüberträgern zukommt.

## Schlußbetrachtung

Wie aus meinen Ausführungen hervorging, wird die Lebensweise von *Fomes annosus* von vielen Forschern seit mehreren Jahren gründlich studiert. Unser Wissen über den Pilz wurde dadurch wesentlich erweitert. Wirksame Maßnahmen gegen seine Ausbreitung in Fichtenbeständen konnten jedoch bisher noch nicht ausfindig gemacht werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind weitere eingehende Untersuchungen notwendig. Eine wichtige Voraussetzung für eine spätere Bekämpfung des Pilzes ist die exakte Klärung der Frage, ob die Infektion von Fichtenwurzeln im Boden überwiegend durch Myzel oder Sporen erfolgt. Wir haben daher vor, uns weiterhin mit diesem Problem zu befassen.

*Fomes annosus* bedroht die Fichte in Baden-Württemberg mehr als alle anderen Parasiten zusammengenommen. Eine genaue Erhebung über die von ihm jährlich hervorgerufenen Holzverluste liegt nicht vor. Der verursachte Schaden beträgt jedoch zweifellos mehrere Millionen DM. Der Pilz entwertet nicht nur das Holz, sondern zerstört auch auf vielen Standorten die Wurzeln. Dadurch setzt er die Standfestigkeit der Fichte beträchtlich herab und macht sie gegen Windwurf anfällig (2 u. 7). Die in den vergangenen Jahren in Fichtenbeständen Baden-Württembergs aufgetretenen großen Sturmschäden gehen zu einem großen Teil auf sein Konto.

Zum Schluß möchte ich noch erwähnen, daß die Deutsche Forschungsgemeinschaft ein Schwerpunktprogramm „Rotfäule der Fichte" geschaffen hat, das von ihr in großzügiger Weise finanziell unterstützt wird. An den Arbeiten, die sich hauptsächlich auf *Fomes annosus* konzentrieren, beteiligen sich nicht nur Forstpathologen, sondern auch Mykologen, Standortskundler und Forstpflanzenzüchter. Durch das Zusammenwirken von Wissenschaftlern mehrerer Fachrichtungen hofft man, der Lösung des so schwierigen Rotfäuleproblems entscheidend näher zu kommen.


## Summary

Title of the paper: *On heart rot by Fomes annosus (Fr.) Cooke in Norway spruce.*

The fungus is the most important cause of heart rot in Norway spruce in Baden-Wurttemberg. It causes stump rot and only rarely infects boles through wounds. The extend of damage was studied in first-generation spruce stands on abandoned fields.

None of the stands showed signs of attack before the first thinning. A large number of the stumps from thinning were occupied by the fungus. Within three years the mycelium had penetrated to the fine roots to a distance of 1.5 m. Infection of trees through root joints could be proved.

Roots were treated with basidio- and conidio-spores, but succesful infection was only achieved in damaged roots. The number of active spores in the soil of stands has to be surveyed before a statement on the probability of root infection in stands can be made.

Based on these preliminary results possibilities of future control of the fungus are discussed.



## Résumé

Titre de l'article: *Recherches sur la pourriture rouge de l'épicéa due à Fomes Annosus.*

Le champignon Fomes annosus (Fr.) Cook est le principal responsable des pourritures roages les plus importantes dans les peuplements du Bade-Wurtemberg. Il provoque principalement une pourriture du coeur (pourriture de la souche) et ne penètre dans le fut qu'occasionnellement par des blessures. On donne ici le résultat des études concernant sa diffusion dans les peuplements de première génération installés sur des terrains anciennement cultivés.

Dans aucun des peuplements étudiés, il n'a été possible de montrer qu'il existait des dégâts dus à Fomes annosus avant la première éclaircie. Par contre la majeure partie des souches des arbres enlevés en éclaircie étaient envahies par le parasite. Au bout de 3 ans le mycélium avait attaqué même les racines les plus fines et parcouru ainsi près d'1,50 m. On a pu prouver que le champignon pouvait infester les épicéas par suite des contacts existants entre les racines et la souche.

En outre, on a étudié la question de savoir si les racines d'épicéa pouvaient également être contaminées par les spores de Fomes annosus se trouvant dans le sol. Une expérience de contamination artificielle avec des basidiospores et des conidiospores a donné des résultats positifs avec des racines blessées, négatifs avec des racines indemnes. Reste encore à éclaircir le point suivant: existe-t-il dans le sol sous les épicéas un nombre suffisant de spores pouvant germer pour que la contamination puisse se faire dans les conditions naturelles. D'après les résultats expérimentaux obtenus à ce jour, on a discuté des possibilités que pouvaient apparaître de lutter ultérieurement contre Fomes annosus.

J. M.


## Literatur


1. ARTMAN, J. D., FRAZIER, D. H., and MORRIS, C. L. (1969): Fomes annosus and chemical stumps treatment in Virginia — a three year study. Plant Dis. Reptr., 53, 108 - 110. — 2. BAZZIGHER, G., u. SCHMID, P. (1969): Sturmschaden und Fäule. Separatdruck aus Schweiz. Ztschr. f. Forstw., 15 S. — 3. BRAUN, H. J., u. LULEV, J. (1969 u. 1970): Infektion unverletzter, fingerstarker Fichtenwurzeln durch den Wurzelschwamm Fomes annosus (Fr.) Cooke. Forstw. Centrbl., 88, 327 - 338 u. 89, 269 - 275. — 4. DIMITRI, L. (1969): Ein Beitrag zur Infektion der Fichtenwurzeln durch den Wurzelschwamm Fomes annosus (Fr.) Cooke. Forstw. Centrbl., 88, 65 - 80. — 5. DIMITRI, L. (1969): Untersuchungen über die unterirdischen Eintrittspforten der wichtigsten Rotfäuleerreger bei der Fichte (Picea abies Karst.). Forstw. Centrbl., 88, 281 - 308. — 6. DIMITRI, L., ZYCHA, H., u. KLIEFOTH, R. (1971): Untersuchungen über die Bedeutung der Stubbeninfektion durch Fomes annosus für die Ausbreitung der Rotfäule der Fichte. Forstw. Centrbl., 90, 104 - 117. — 7. DÖBELE, E. (1966): Beitrag zur Struktur und Behandlung rotfauler Waldorte. Holzzentralbl., Nr. 58, 59, 60, 63 u. 66. — 8. GINNS, J. H., and DRIVER, C. H. (1969): Annosus root-rot in Slash pine plantations four years after thinning and stump treatments. Plant Dis. Reptr., 53, 23 - 25. — 9. GREIG, B. J. W., and BURDEKIN, D. A. (1968): Control and eradication of Fomes annosus in Great Britain. IUFRO Sec. 24. Proc. Intern. Conf. on Fomes annosus, Aarhus, Denmark, 12 p. — 10. HENDRIX, F. F., and KUHLMAN, E. G. (1964): Root infection of Pinus elliottii by Fomes annosus. Nature, 201, 55 - 56. — 11. HODGES, C. S. (1968): Evaluation of stump treatment chemicals for control of Fomes annosus. IUFRO Sec. 24. Proc. Intern. Conf. on Fomes annosus, Aarhus, Denmark, 12 p. — 12. KALLIO, T. (1971): Protection of spruce stumps against Fomes annosus (Fr.) Cooke by some wood-inhabiting fungi. Acta Forest. Fenn., 117, 20 p. — 13. KUHLMAN, E. G. (1969): Survival of Fomes annosus spores in soil. Phytopathology, 59, 198 - 201. — 14. KUHLMAN, E. G. (1969): Number of conidia necessary for stump root infection by Fomes annosus. Phytopathology, 59, 1168 - 1169. — 15. NUORTEVA M., u. LAINE, L. (1968): Über die Möglichkeiten der Insekten als Überträger des Wurzelschwamms (Fomes annosus (Fr.) Cooke). Ann. Ent. Fenn., 34, 113 - 135. — 16. PALUDAN, F. (1966): Infektion og Spredning af Fomes annosus i ung Rødgran. Forstl. Forsøgsv. i Danmark, 30, 19 - 48. — 17. PECHMANN, H. v., u. AUFSESS, H. v. (1970): Bericht anläßlich des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft veranstalteten Kolloquiums im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Rotfäule der Fichte" am 5. u. 6. November in Stuttgart-Weilimdorf. — 18. RISHBETH, J. (1950 u. 1951): Observations

on the biology of Fomes annosus with particular reference to East Anglian pine plantations. Annals of Botany, 14, 365 - 383; 15, 1 - 21 and 221 - 246. — 19. Rishbeth, J. (1959 u. 1963): Stump protection against Fomes annosus. Ann. appl. Biol., 47, 519 - 541 and 52, 63 - 77. — 20. Schönhar, S. (1969): Untersuchungen über das Vorkommen von Rotfäulepilzen in Fichtenbeständen der Schwäbischen Alb. Mitt. d. Ver. f. Forst. Standortsk. u. Forstpflanzenz., 19, 20 - 28. — 21. Schönhar, S. (1971): Untersuchungen über die Ausbreitung von Fomes annosus (Fr.) Cooke in Fichtenbeständen 1. Generation auf ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzflächen. Mitt. d. Ver. f. Forstl. Standortsk. u. Forstpflanzenz., 20, 3 - 8. — 22. Wallis, G. W. (1961): Infection of Scots pine roots by Fomes annosus. Can. Journ. Botany, 39, 109 - 121. — 23. Weidensaul, T. C., and Plaugher, N. H. (1966): An evaluation of three stump treatment chemicals for preventing surface infection by Fomes annosus. Plant Dis. Reptr., 50, 22 - 25. — 24. Werner, H. (1967): Standort und Fichtenrotfäule. Allg. Forstztschr. 22, 314 - 315. — 25. Yde-Andersen, A. (1964): Om anvendelsen af nogle hjaelpetraearter i rødfranbevoksninger på magre jorder med saerligt henblik på deres indvirkning på Fomes-annosus-angrebets udbredelse blandt rødgranerne. Forstl. Forsøgsv. i Danmark, 28, 165 - 260. — 26. Zycha, H., u. Kató, F. (1967): Untersuchungen über die Rotfäule der Fichte. Schriftenr. d. Forstl. Fakult d. Univ. Göttingen, 39 (Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.).

# Genetische Untersuchungen bei Picea abies mit Hilfe der Isoenzym-Identifizierung

## I. Möglichkeiten für genetische Zertifizierung von Forstsaatgut

(Lehrstuhl für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen)

Von F. Bergmann

### Einführung

Es ist seit langem üblich, in den Handel gebrachtes Forstsaatgut mit einem begleitenden Qualitätszertifikat zu versehen. Aus diesem Zertifikat geht hervor, welchen Reinheitsgrad und welche Keimeigenschaften das Saatgut besitzt. Es ermöglicht dem Käufer eine Einschätzung des Verhaltens des von ihm gekauften Samens bei Aussaat in der Baumschule oder im Freiland. Die Richtigkeit der Angaben des Qualitätszertifikats ist mit einfachen Mitteln nachprüfbar (Keimprüfung usw.).

Im Gegensatz hierzu wurde die Herkunft, also das genetische Zertifikat für Forstsaatgut bisher lediglich durch Kontrollinstanzen bestätigt. Diese Angaben waren nicht nachprüfbar, wenn man von Ausnahmefällen absieht. Um zu einer experimentellen Prüfung der Richtigkeit des genetischen Zertifikats (Herkunftsbestätigung) zu kommen, wurden in der Vergangenheit oftmals Versuche mit physiologischen Tests unternommen (Zusammenfassung bei Schmidt 1957). Diese Tests hatten den Nachteil einer umständlichen Methodik und einer nur bedingten Schlüssigkeit.

In letzter Zeit mehren sich nun Resultate, die zeigen, daß mit Hilfe von Methoden aus der biochemischen Genetik die genetische Charakterisierung auch von forstlichen Objekten sicherer, rascher und einfacher erfolgen kann. Speziell die Anwendung der auf anderen Gebieten schon lange bewährten Isoenzym-Identifizierung hat in letzter Zeit schon zu einigen erfolgversprechenden Ansätzen geführt. So konnten mit Hilfe von Isoenzym-Mustern Kiefernklone aus verschiedenen Provenienzen nachgewiesen werden (Rasmuson und Rudin 1971), und auch bei Verwandtschaftsanalysen in natürlichen Populationen von *Thujopsis dolabrata* bediente man sich schon variantenreicher Isoperoxydase-Muster (Sakai und Miyazaki 1970). Vorläufige Daten aus Kreuzungsanalysen mit Fichtenklonen lassen erkennen, daß Isoenzyme als Genmarkierungen dienen können (Bartels 1971 a, b). Der entscheidende Vorteil, den die Enzyme als biochemische Merkmale bieten, beruht auf der Erkenntnis der Molekulargenetik, daß Enzyme primäre Produkte der Gen-spezifischen Ribonucleinsäuren darstellen und damit in direkter Beziehung zum Gen selbst stehen. Im folgenden soll nun gezeigt werden, welche Möglichkeiten die Isoenzym-Identifizierung für eine Überprüfung auch der Richtigkeit des genetischen Zertifikats von Forstsaatgut bietet.

### Material und Methodik

Für die ersten methodischen Untersuchungen, über deren Ergebnisse hier berichtet werden soll, wurden Proben zweier Herkünfte der Fichte *(Picea abies)* verwendet, die uns freundlicherweise vom Leiter der hessischen Staats-Darre Wolfgang üb./Hanau, Herrn Landforstmeister Dr. Walkenhorst, überlassen wurden. Die eine Herkunft stammt aus dem Gebiet des Vorharzes (Harzvorland-Westerhof unter 300 m, Ernte 1967/68), die andere aus dem Bodenseegebiet (Bodenseegebiet u. Oberschwaben unter 700 m, Ernte 1958/59). Es handelt sich dabei um Saatgut von anerkannten Beständen, und es ist sicher, daß es jeweils von vielen oder sehr vielen Bäumen geerntet wurde. Die Nachkommen einzelner Bäume konnten hier nicht getrennt gehalten werden.

Die Fichtensamen bestehen wie alle Koniferen-Samen aus drei genotypisch verschiedenen Geweben: 1. dem Endosperm als Nährgewebe, welches von dem haploiden weiblichen Gametophyt übriggeblieben ist, 2. dem Embryo, der als neuer diploider Sporophyt einen väterlichen Genom-Anteil besitzt und 3. der harten Samenschale, die ein Teil des alten diploiden Sporophyten repräsentiert. Zu den hier beschriebenen Untersuchungen wurde ausschließlich Endosperm benutzt, da einmal nur das Genom des Mutterbaumes interessierte, zum anderen aber das haploide Gewebe keine weiteren Komplikationen bei der Isoenzym-Analyse verursacht, wie sie bei diploidem Material oftmals auftreten können (Hybridenzym-Bildung u. a.). Darüber hinaus sollte das Endosperm des trockenen Samens eine relativ konstante Entwicklungsphase darstellen, so daß stadienabhängige Enzymsynthese-Schwankungen, wie sie bei anderen Pflanzenteilen auftreten können, auszuschließen sind.

Nach verschiedenen methodischen Versuchen stellte sich heraus, daß das experimentell einfach zu behandelnde Esterase-System mit beträchtlicher Variation in den einzelnen Endospermen auftritt, was auf eine besonders hohe genetische Vielfalt schließen läßt. Wir beschränken uns somit im folgenden auf die Darstellung der Unterschiede zwischen den distinkten Esterase-Mustern (Esterasen sind Enzyme, die im Organismus esterartige Bindungen aufzuspalten vermögen).

Über das Wesen der Isoenzyme, sowie die allgemeinen Techniken ihrer Isolierung, Auftrennung und Nachweisbarkeit hat vor kurzem Bartels (1971 a) ausführlich berichtet.

Die Esterasen wurden mit Hilfe der Stärkegel-Zonenelektrophorese aufgetrennt. Das Stärkegel bestand aus einer Mischung von 19 g teilhydrolysierter Spezialstärke (Fa. Macherey, Nagel & Co.), 5 g Saccharose (Fa. Merck) und 200 ml Gelpuffer. Die Mischung wurde vor dem Ausgießen kurz aufgekocht und entgast. Die elektrophoretische Auftrennung erfolgte mit einem diskontinuierlichen Puffersystem nach Poulik (1957) (Gelpuffer: 0,07 mol. Tris-Citrat-Puffer pH 8,7, Elektrodenpuffer: 0,3 mol. NaOH-Borat-Puffer pH 8,2). Zur Herstellung des aufzutrennenden Enzym-Rohextraktes wurde jedes einzelne Endosperm nach sorgfältigem

Herauspräparieren aus dem Samen mit 0,05 ml Puffer homogenisiert (Extraktionspuffer: 0,1 mol. Tris-Salzsäure pH 7,5). Das Homogenat wurde zur Separation von unzerkleinerten Resten, Fettbestandteilen und anderen Puffer-unlöslichen Stoffen mehrmals durch Spezial-Fließpapier gefiltert. Anschließend ließen wir das derart teilweise gereinigte Homogenat von kleinen Papierschnitzeln aufsaugen. Diese Papierschnitzel wurden für 15 Min. in das Stärkegel gesteckt, um die aufgesaugten Substanzen (Proteine u. a.) mittels Elektrophorese in das Gel einwandern zu lassen. Die elektrophoretische Auftrennung erfolgte über 2,5 - 3 Std. bei einer Spannungsverteilung von 16 V/cm und einem durchschnittl. Brückenabstand von 6 cm. Durch Wasserkühlung wurde die Temperatur der Elektrophorese-Kammer unter 10°C gehalten. Nach der Trennung kamen die Gele für 15 Min. zur pH-Angleichung in Phosphatpuffer pH 6 und wurden anschließend mit einer speziellen Inkubationslösung übergossen (Inkubationsmischung zum Esterase-Nachweis: 100 mg Echtblausalz RR, 2 ml 1 %ige $\alpha$-Naphthylacetatlösung, 150 ml Phosphatpuffer pH 6). Nach 2 - 3stündiger Inkubation bei 36°C im dunklen Wärmeschrank sind die Esteraseaktivität zeigenden Zonen im Stärkegel als schwarzbraune Bänder zu erkennen. Zur Fixierung der Farbzonen und zur Aufhellung des gelbgrauen Stärkegels wurden die Gelscheiben abschließend für 24 Std. in ein Fixierbad (Methanol — Aceton — Eisessig — Wasser 1 : 1 : 1 : 4) gegeben. Die Auswertung der Muster erfolgte rein visuell über einem Lichtkasten.

## Ergebnisse

Die Endosperm-Homogenate lieferten insgesamt 11 durch elektrophoretische Wanderungsgeschwindigkeit und Farbintensität unterscheidbare Esterase-Bänder, die in bestimmter Form und Anzahl charakteristische Muster bildeten. Diese Farbbänder bzw. Farbzonen darf man jedoch nicht ohne weiteres mit nativen Esterasen (distinkte Enzyme im lebenden Organismus) gleichsetzen, da, wie in der Enzym-Chemie nachgewiesen wurde, während der Aufarbeitung sekundär Artefakte durch Enzym-Aufspaltungen oder -Zusammenlagerungen entstehen können, wobei häufig die neuen Moleküle noch Esterase-Aktivität besitzen. Daher sprechen wir im folgenden nur von Esterase-Bändern, welche sich evtl. auf eine geringere Anzahl nativer Enzym-Formen zurückführen lassen.

Die elektrophoretisch aufgegliederten Enzym-Mischungen, die sog. Zymogramme der einzelnen Endosperm-Gewebe ließen erkennen, daß die Esterase-Muster der hier untersuchten Samenproben beträchtlich variieren. Insgesamt konnten bisher (nach je 500 Samenanalysen/Herkunft) 13 verschiedene Muster identifiziert werden. Sie sind in Abb. 1 ihrem Zymogramm gemäß dargestellt und mit Buchstaben bezeichnet. Die Muster a - l lassen sich dabei ohne weiteres in ein vorläufiges System einordnen, d. h. die einzelnen Bandkombinationen wiederholen sich regelmäßig; demgegenüber hat das selten auftretende Esterase-Muster (rechtsaußen d. Abb. 1) eine von den anderen abweichende Bandkonfiguration. Interessanterweise ähnelt es sehr den bei *Picea omorica* gefundenen Esterase-Mustern. In den weiteren Ausführungen soll dieses Muster außer Betracht bleiben. An Hand der in Abb. 1 aufgeführten Häufigkeiten der einzelnen Esterase-Muster in den beiden Herkünften wird deutlich, daß nicht geringe Unterschiede zwischen den beiden Populationen bestehen. Nur die Muster a, b, c, d, e, f und k konnten in beiden Populationen nachgewiesen werden, jedoch auch mit verschiedenen Häufigkeiten. Die Esterase-Muster g, h, i, j und l kommen nur in der Bodenseepopulation vor.

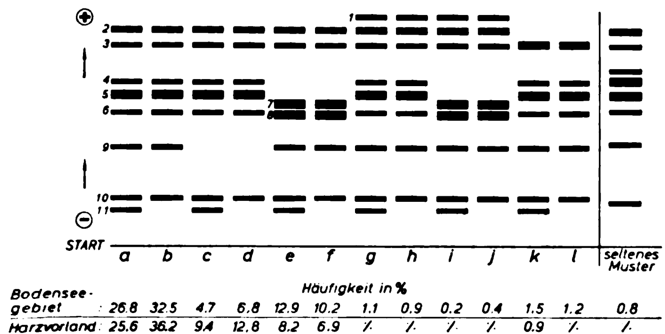



Abbildung 1

Zymogrammgemäß dargestellte Esterase-Muster aus Endosperm von Samenproben zweier Herkünfte (Bodenseegebiet, Harzvorland). Die Häufigkeit der einzelnen Muster in beiden Populationen wurde in % angegeben.

Man könnte sich nun darauf beschränken, die einzelnen Herkünfte durch die Häufigkeiten der verschiedenen Muster in den Samenproben zu beschreiben und auseinander zu halten. Es ist jedoch zweckmäßiger, die Isoenzym-Muster auf die zugrunde liegenden distinkten Genloci zurückzuführen. Betrachtet man die verschiedenen Esterase-Muster, so fällt auf, daß in den haploiden Geweben manche Bandkombinationen immer nur alternativ auftreten, was auf ein und denselben Genlocus deuten könnte. Tatsächlich konnte BARTELS (1971 b) zeigen, daß die Bandkombinationen (4, 5, 6) und (7, 8) auf das Vorhandensein eines Genlocus (Est-1-Locus) mit zwei Allelen zurückzuführen sind. Besitzt das Endosperm das eine Allel (Est-1 F, nach BARTELS), so erscheint die Kombination der drei Bänder 4, 5, 6, besitzt es das andere Allel (Est-1 S), entsteht die Kombination der zwei Bänder 7, 8. Eine Erklärung für das Auftreten mehrerer Esterasebänder pro Allel wurde von BARTELS (1971 b) gegeben.

Zählt man jetzt die Häufigkeit von Samen aus, in denen der eine oder der andere „Genotyp" gefunden wurde, so erhält man gleichzeitig die „Genhäufigkeiten" der beiden Allele (Tab. 1). So ist z. B. das Allel Est-1 F in der Bodensee-Population mit der Häufigkeit von 76,1 % und in der Vorharz-Population mit der Häufigkeit von 84,9 % vertreten.

Tabelle 1

**Häufigkeiten der beiden Allele (F, S) des Est-1-Locus in den Populationen Bodenseegebiet und Harzvorland**

| Herkunft | Allelhäufigkeit von | |
|---|---|---|
| | Est-1 F | Est-1 S |
| Bodenseegebiet | 76,1 % | 23,9 % |
| Harzvorland | 84,9 % | 15,1 % |

Mit Hilfe des $X^2$-Tests ($X^2 = 12{,}33$ ergibt eine Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,1 % bei 1 Freiheitsgrad) kann gezeigt werden, daß die Unterschiede der Allelhäufigkeiten am Est-1-Locus zwischen den beiden Populationen statistisch signifikant sind.

Über die genetische Basis der noch nicht geklärten Muster wird zur Zeit gearbeitet. Die bislang vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, daß hier ähnlich einfache Verhältnisse vorliegen. Es dürfte also in kurzer Zeit möglich sein, das gesamte Spektrum an Esterase-Mustern in dieser Weise zu analysieren und statt der Muster nun die Häufigkeiten anzugeben, mit denen die identifizierten Gene in den verschiedenen Populationen anzutreffen sind.

Natürlich können zur genetischen Zertifizierung auch andere Enzym-Systeme als die Esterasen verwendet werden. Einige Resultate hierzu liegen bereits vor. Der Genlocus für eine Leucin-Aminopeptidase beispielsweise liegt in mehreren genetischen Varianten vor. Es besteht also die Hoffnung, schon in den nächsten Jahren durch Kombination verschiedener Isoenzym-Systeme sichere Aussagen über die Herkunft von Forstsaatgut zu machen, die obendrein den Vorteil haben, mit einfachen Mitteln nachprüfbar zu sein. Die für die vorstehend beschriebene Identifizierung verwendeten Methoden sind dabei denkbar einfach und billig.

## Zusammenfassung

Da die Überprüfung des genetischen Zertifikats von Forstsaatgut (Herkunftsbestätigung) mit Hilfe von zeitaufwendigen und nur bedingt schlüssigen physiologischen Tests bislang recht unbefriedigend blieb, sollten die Möglichkeiten, durch Isoenzym-Identifizierungen raschere und genauere Resultate zu erzielen, aufgezeigt werden. Entsprechende Untersuchungen mit Endosperm von Fichtensamen zweier Herkünfte ergaben, daß das methodisch einfach zu behandelnde Esterase-System beispielsweise in hoher genetischer Variation vorliegt und dadurch eine deutliche Unterscheidung der beiden Populationen möglich ist. Durch Kombination verschiedener Isoenzym-Systeme bzw. ihrer zugrunde liegenden Genloci wird eine sichere Aussage über die Herkunft von Forstsaatgut wahrscheinlich gemacht.

## Summary

Title of the paper: *A new approach to genetic certification of forest seed.*

Hitherto experimental proof of genetic certification of forest seed was only possible by means of physiological tests. These tests are costly, they take much time and are not very efficient. First results of experiments on isoenzyme identification in seeds of different provenances of Norway Spruce are given in this paper. The esterase isoenzyme system was found to show considerable variation both between and within provenances. An attempt to discriminate seed samples from different provenances would have been successful in our experiment concerning esterase patterns in the haploid endosperm. Gene frequency estimates are easily obtained in this case because of Mendelian segregation in endosperm of seeds from the same female parent. A.

## Résumé

Titre de l'article: *Recherches génétiques, sur Picea abies par l'identification d'isoenzymes.*

Le contrôle des certificats génétiques des graines forestières (garantie d'origine) à l'aide de tests physiologiques demandant beaucoup de temps et valables non sans réserves demeure peu satisfaisant; il convenait donc de présenter les possibilités d'obtenir des résultats rapides et sûrs par l'identification des isoenzymes. Les recherches entreprises avec cet objectiv sur l'endosperme de graines d'épicéa de deux origines montrèrent que le complexe des esterases, par exemple, simple à analyser méthodiquement était très variable génétiquement; une nette séparation des deux populations est possible.

Par la combinaison de différents systèmes d'isoenzymes — (ou de leurs génes sous jacents) on a probablement des indications sûres sur l'origine des graines forestières. J. M.

## Literaturverzeichnis

1. Bartels, H., 1971 a: Isoenzyme und ihre Bedeutung für Forstpflanzenzüchtung und -genetik. Allgem. Forstztschr. 26, 50 - 52. — 2. Ders., 1971 b Genetic control of multiple esterases from needles and macrogametophytes of Picea abies (L) Karst. Planta 99, 283 - 289. — 3. Poulik, M. D., 1957: Starch gel electrophoresis in a discontinous system of buffers. Nature 180, 1477 - 1479. — 4. Rasmuson, B., Rudin, D., 1971: Variations in esterase zymogram patterns in needles of Pinus silvestris from provenances in northern Sweden. Silvae Genetica 20, 39 - 41. — 5. Sakai, K.-I., Miyazaki, Y., 1970: Genetic studies in natural populations of forest trees. II. Family analysis: a new method for quantitative genetic studies. Symposium d. Arbeitsgruppe „Quantitative Genetik", IUFRO Section 22, in Brno/CSSR. — 6. Schmidt, W., 1957: C. Waldbaumzüchtung. Die Sicherung von Frühdiagnosen bei langlebigen Gewächsen. Der Züchter 4, Sonderheft: „Die Frühdiagnose in der Züchtung und Züchtungsforschung", 39 - 69.

# Buchbesprechungen

**Deutsche Forstliche Bibliographie.** Von K. Mantel. Verlag SCHAPER, Hannover. I. Band DM 70,— (kart.), für IUFRO-Mitglieder DM 49,— (direkte Bestellung beim Verlag). II. Band DM 87,— (kart.), für IUFRO-Mitglieder DM 66,— (direkte Bestellung beim Verlag).

Prof. Dr. Dr. h. c. K. Mantel hat als Direktor des Forstgeschichtlichen Instituts der Universität Freiburg die umfassende Aufgabe unternommen, eine Bibliographie des deutschen forstlichen Schrifttums von seinen ersten Anfängen um 1560 bis in die neueste Zeit (1965) zu verfassen.

Nach einem Überblick über die Entwicklung der forstlichen Literatur, die zugleich eine geraffte Darstellung der Forstgeschichte bis in die klassische Zeit der deutschen Forstwirtschaft darstellt, werden in zwei umfangreichen Bänden Autoren, Titel, Erscheinungsort und Jahr von Büchern und selbständigen Schriften, geordnet nach Fachgebieten (Oxford-System) mitgeteilt. Ein Personen- und Sachregister soll demnächst als 3. Band folgen.

Für alle wissenschaftlichen Institute und Forschungsstellen, die sich mit forstlichen Problemen befassen, wird diese umfangreiche Bibliographie eine wertvolle, ja unentbehrliche Hilfe ein.

G. Mitscherlich

**Der waidgerechte Jäger.** Leitfaden für die Jägerprüfung und die jagdliche Praxis. Von Hermann Schulze. 19. Auflage (135.-144. Tsd.), völlig neubearbeitet von Dr. Siegfried Ramm. 1971. 177 Seiten und 16 Tafeln. 165 Abb., davon 30 farbig, im Text und auf Tafeln. Kart DM 12.80. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Das bekannte Buch von H. Schulze „Der waidgerechte Jäger" ist nunmehr in seiner 19. Auflage erschienen und zwar in einer Neubearbeitung von S. Ramm.

Die hohe Auflage weist bereits darauf hin, daß das Buch nach wie vor einen breiten Kreis von Freunden hat. Und in der Tat kann man diesses Buch mit Fug und Recht sowohl dem Jungjäger wie auch dem alten Waidmann zum Studium nur empfehlen. Es faßt sehr anschaulich und gut bebildert alles zusammen, was ein Jäger von der Jagd und allem, was damit zusammenhängt, als Mindestmaß wissen sollte. Die Neubearbeitung hat dem Buche gut getan und einige wichtige Ergänzungen und Verbesserungen gebracht.

G. Mitscherlich

## NOTIZ

### Professor W. Langner 65 Jahre.

Herr Prof. Dr. Wolfgang Langner beging am 26. 9. 1971 seinen 65. Geburtstag.

Nachdem er mit Wirkung vom 31. 3. 1970 als Lt. Direktor und Professor des Instituts für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Schmalenbeck in den Ruhestand trat, betreut er nun in der an ihm gewohnten Aktivität eine eigene „Pflanzenzüchtung Langner" und ein Cashew-Züchtungsprojekt in Malaysia. Mögen ihm dafür noch viele gesunde Jahre aktiven Schaffens vergönnt sein (ausführliche Würdigung s. Allg. Forst- und Jagdzeitung, 138/2/3 64, 1965).

G. H. Melchior

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

D 1088 E

# ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG






INHALTSVERZEICHNIS

*AUFSÄTZE*



142. JAHRGANG 1971 HEFT 12 DEZEMBER

J.D. SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

# ALLGEMEINE FORST- UND JAGDZEITUNG

Unter Mitwirkung der
Mitglieder der Lehrkörper von Freiburg i. Br.
und Göttingen

herausgegeben von

**Dr. G. Mitscherlich**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Freiburg i. Br.

**Dr. R. Schober**
o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Göttingen

*Erscheinungsweise:* jährlich 12 Hefte, in Ausnahmefällen Doppelhefte.

*Bezugspreis:* jährlich DM 72,—, zahlbar in zwei Raten à DM 36,— zuzüglich Zustellgebühren. Für Studenten, Beamte auf Wartegeld und in Ausbildung befindliche Forstreferendare DM 57,60, zahlbar in zwei Raten à DM 28,80 (empf. Richtpreise). Preis des Einzelheftes je nach Umfang verschieden.

*Bezug:* durch den Buchhandel, durch die Post oder direkt vom Verlag.

*Manuskripte* (es werden nur Erstarbeiten veröffentlicht) sind nach vorheriger Anfrage an die Herausgeber einzusenden. Für unverlangt eingegangene Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Rücksendung erfolgt nur, wenn Rückporto beiliegt. Nachdruck, photomechanische Wiedergabe sowie sonstige Vervielfältigung aller Art, auch auszugsweise, ist nicht gestattet. Nachdruck von Abbildungen nur mit Genehmigung des Verfassers *und* des Verlags.

*Anzeigenverwaltung:* Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7, Telefon 64 24, Vorwahl 06 152.

*Anzeigenpreis:* die 43 mm breite mm-Zeile 55 Pf. Für Geschäftsanzeigen gilt die Preisliste Nr. 6. Anfragen an Anzeigenverwaltung Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Straße 5 - 7.

*Verlag:* J. D. Sauerländer's Verlag, 6 Frankfurt a. M. I., Finkenhofstraße 21, Fernruf 55 52 17. Bankkonten: Commerzbank, Frankfurt a. M. 54 08 75, Stadtsparkasse, Frankfurt a. M. (Girokonto 9 69 58), Postscheckkonto: Frankfurt a. M. Nr. 8 96.




**Die Anschriften der Mitarbeiter von Heft 12 des 142. Jahrganges sind:**


Dr. D. GERMANN, 34 Göttingen, Büsgenweg 5

Dr. F. KATÓ, 34 Göttingen, Büsgenweg 5

Prof. Dr. G. SPEIDEL, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17


**Buchbesprechungen erfolgten von:**

Oberforstrat Dr. ULRICH AMMER, 7401 Rübgarten, Im Geistk

Prof. Dr. H. J. BRAUN, Institut für biologische Holzforschung, 78 Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17

**Übersetzungen**
der Zusammenfassungen, *soweit sie nicht von den Autoren zur Verfügung gestellt werden:*

*Summaries* von Dr. E. F. BRÜNIG, 2057 Reinbek, Schloß.

*Résumés* von J. MAHEUT, Centre National de Recherches Forestières, Champenoux - 54 - Einville

**An unsere Autoren**

Im Zuge der Rationalisierung bitten wir die Autoren und Mitarbeiter unserer Zeitschrift ihre Bank-, Giro- oder Postscheckkonto-Nr. zur Überweisung der Honorare mitzuteilen.

Wir danken Ihnen hierfür.

*J. D. Sauerländer's Verlag*

# Erforderliche und durch Mechanisierung wahrscheinlich erzielbare Produktivitätssteigerungen in der Forstwirtschaft

(Aus dem Institut für forstliche Betriebswirtschaftslehre der Universität Göttingen)

(Mit 5 Abbildungen und 5 Tabellen)

**Herrn Professor Dr. D. Mülder zum 65. Geburtstag gewidmet**

Von D. GERMANN

## 1. Einleitung

Die in den Jahren 1967/68 durch das Zusammentreffen von wirtschaftlicher Depression und Sturmkatastrophe entstandene Krise auf dem Holzmarkt und deren Nachwirkungen sind inzwischen weitgehend überwunden, und das vor der Krise bestehende Preisniveau ist wieder erreicht.

Auf die wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe ist dies zwar nicht ohne Einfluß geblieben. Dennoch weisen viele Forstbetriebe weiterhin Defizite auf, da weder die Wiederherstellung des Preisniveaus noch die erreichten Produktivitätssteigerungen ausgereicht haben, um den steilen Kostenanstieg zu kompensieren.

Da es wenig wahrscheinlich ist, daß sich der bisherige Trend bei den Holzpreisen einerseits und den Lohn- und Sachkosten andererseits grundlegend ändern dürfte, ist es nicht riskant zu prognostizieren, daß für die Mehrzahl der z. Zt. noch nicht defizitären Forstbetriebe ebenfalls „rote Zahlen" zu erwarten sind, wenn nicht eine Änderung der betrieblichen Datenkonstellation erreicht werden kann.

Diese Situation gab einer Reihe von Autoren Anlaß, neben einer grundsätzlichen Auseinandersetzung mit betriebswirtschaftlichen Zusammenhängen in Forstbetrieben (1) oder einer Analyse möglicher Alternativen (16) Empfehlungen auszusprechen (2, 3, 5, 8, 9, 14), von deren Befolgung eine nachhaltige Sicherung bzw. Wiederherstellung der Rentabilität der Forstbetriebe zu erhoffen sei.

Durch die Ausschöpfung aller sich bietenden Möglichkeiten qualitativer und quantitativer Rationalisierung im allgemeinen und durch die Mechanisierung im besonderen verspricht man sich das Erreichen dieses Zieles.

Ansatzpunkt für solche Überlegungen ist einmal das infolge der stark divergierenden durchschnittlichen Steigerungsraten von 8 % bei den Lohnkosten und 2 % bei den Sachkosten sehr ungünstige Verhältnis (70 : 30) dieser beiden Kostenarten (1, 5, 13, 16) und weiterhin der von der Mehrzahl der Forstbetriebe bisher erst erreichte geringe Mechanisierungsgrad, bei dem das von den Forstbetrieben selbst investierte Kapital einen Betrag von rd. 25,— DM/ha Holzboden nicht übersteigt (7, 16, 19).

Es werden Investitionen von 100,— bis 150,— DM/ha Holzboden (3, 13, 16) für notwendig gehalten, um die Lohnkosten in einem Ausmaß durch Sachkosten zu ersetzen — in SPEIDELS Beispiel (16) in einer Größenordnung von 100,— DM/ha Holzboden —, welche Gewähr für einen gleichbleibenden Reinertrag bieten. Dieses Ziel wird trotz der der Mechanisierung im mitteleuropäischen Raum entgegenstehenden Schwierigkeit im Prinzip fast durchweg für erreichbar gehalten. Nur WILCKENS (20) äußert sich skeptischer, wenn er schreibt, „daß sie (die Forstverwaltung) den Wettlauf von Holzgelderlösen und Betriebskosten nicht mehr zu gewinnen vermag, solange die jährliche nachhaltige Nutzung nicht um ein Erhebliches gesteigert werden kann".

Nun sind ohne Zweifel noch nennenswerte Ertragssteigerungen erzielbar, aufgrund der Eigenheiten des forstlichen Produktionsprozesses aber nur in Ausnahmefällen — z. B. durch Angliederung von Nebenbetrieben — so kurzfristig, daß davon generell keine Wende in naher Zukunft erwartet werden darf.

## 2. Das Problem

Die naturalen Ertragssteigerungen haben nach früheren Berechnungen nur durchschnittlich 1 % betragen. Man geht im allgemeinen daher davon aus, daß auch in Zukunft keine größeren Steigerungsraten zu erreichen sein werden. Auch wird weiterhin nur eine Anhebung des Preisniveaus von ca. 0,5 - 1,0 % für durchsetzbar (18) und opportun gehalten, um nicht der Holzverdrängung Vorschub zu leisten. Die Forstwirtschaft hat deswegen das Problem zu lösen, bei einem an industriellen Maßstäben gemessenen minimalen Umsatz-(Rohertrags-)Wachstum von nur ca. 2 %, ein angemessenes Betriebsergebnis zu erwirtschaften.

Es ist zu fragen, ob ihr dies auf Dauer gelingen kann; denn zu diesem Zweck müßte die Produktivität allein durch Verminderung der Faktoreinsätze Jahr für Jahr in einem Ausmaß gesteigert werden, das industrielle Größenordnungen erreicht.

## 3. Theoretisch notwendige Produktivitätssteigerung

Unterstellt man, daß die Steigerungsraten der Vergangenheit und ihre Relationen auch in Zukunft zu erwarten sind[1]), läßt sich das Maß des erforderlichen Produktivitätsanstieges unschwer herleiten.

Es sei $A = (Pa + Sa)$ (1)

A = Gesamtaufwand (-kosten), Pa = Personalaufwand (-kosten)
Sa = Sachaufwand (-kosten)

Die Unterscheidung von nur zwei Kostenarten („Pa" und „Sa"), deren man sich zur Veranschaulichung bei Modellbetrachtungen in diesem Zusammenhang gerne bedient, wird übernommen. Dazu ist aber zu bemerken, daß der Begriff „Sachaufwand" nur eine Sammelbezeichnung für die nicht dem Personalaufwand zurechenbaren Restposten darstellt, deren gemeinsames Merkmal es u. a. ist, eine geringere Steigerungsrate als der Personalaufwand aufzuweisen.

Das wird an folgendem Beispiel deutlich. Im FWJ 1969 betrugen bei der Hessischen Staatsforstverwaltung die nicht den Personalkosten zurechenbaren Kosten rd. 90,— DM/ha Holzboden.

Davon waren:

5 % Bürokosten
6 % Gebäudeunterhaltung, -bewirtschaftung etc.
3 % Kosten der Kfz.-Haltung
11 % Kostenerstattung für Leistungen anderer Verwaltungen
26 % Steuern
19 % Sachkosten im „Hauungsbereich"
12 % Sachkosten im „Wegebaubereich"
6 % Sachkosten im „Kulturbereich"
11 % Sachkosten im „Waldschutz-" und „sonstigen Bereichen".

Die Aufgliederung zeigt, daß rund die Hälfte dieser Sachkosten sich entweder von der Natur der Sache her der Rationalisierung entzieht oder kaum durch die Forstverwaltung beeinflußbar ist.

Da zudem ein Teil dieser Sachkosten seiner Entstehungsursache nach ebenfalls Personalkosten ist, ergeben sich im einzelnen sehr unterschiedliche Teuerungsraten. Die durchschnittliche Steigerungsrate von 2 % pro Jahr ist daher nicht identisch mit der jährlichen Preissteigerungsrate, sondern ist vielmehr als gewogenes Mittel der

1) Für die folgende Rechnung ist es im Grunde belanglos, welche absoluten Steigerungsraten die Zukunft bringen wird. Wichtig ist dagegen, ob sich die Relationen gravierend ändern werden oder nicht. Sieht man hierbei von zeitlichen Verschiebungen ab, wie sie jeder Konjunkturzyklus mit sich bringt, dann ist eine solche Änderung wenig wahrscheinlich (Lohn-Preisspirale).

verschiedenen, sich z. T. kompensierenden Einflußgrößen zu sehen, von denen die Preissteigerung nur ein Element ist.

Weiterhin gilt: $Re = E - (Pa + Sa)$ (2)

Re = Reinertrag, E = Rohertrag, p = Prozentualer Produktivitätsanstieg, n = Anzahl der Jahre.

Es wird die Mindestforderung erhoben, daß der Reinertrag nicht negativ werden darf, d. h. $Re \geqq 0$. Aus Gründen der rechnerischen Vereinfachung soll jedoch an Stelle der genannten Bedingungen $Re = 0$ treten, was mit der Forderung nach konstantem Reinertrag identisch ist.

Aus (1) und (2) leitet sich ab:

$$E = Pa + Sa \qquad (3)$$

Werden die erwähnten unterschiedlichen Steigerungsraten der einzelnen Komponenten eingefügt, dann verliert der Ausdruck seinen statischen Charakter und kommt aus dem Gleichgewicht.

$$E\,(1{,}02)^n < Pa\,(1{,}08)^n + Sa\,(1{,}02)^n \qquad n > 0 \qquad (4)$$

Nur mit Hilfe eines ausgleichenden Faktors — beispielsweise durch Produktivitätssteigerung — kann der gestellten Forderung genügt werden, weswegen (4) wie folgt zu ergänzen ist:

$$E\,(1{,}02)^n = (Pa\,(1{,}08)^n + Sa\,(1{,}02)^n)\,(1 - \frac{p}{100})^n \qquad (5a)$$

oder

$$E\,(1{,}02)^n = Pa\,(1{,}08)^n\,(1 - \frac{p}{100})^n + Sa\,(1{,}02)^n\,(1 - \frac{p}{100})^n \qquad (5b)$$

Die Formel (5) fordert sowohl von „Pa" als auch von „Sa" — unter Berücksichtigung ihres Gewichtes — den gleichen Beitrag zur notwendigen Produktivitätssteigerung, was bei den gegebenen Bedingungen jährlich eine 3 - 5 %ige Einsatzverringerung jedes Faktors bedeuten würde.

Eine solche Verminderung des Faktoreinsatzes von „Sa" in seiner Gesamtheit dürfte aufgrund seiner Struktur nicht realisierbar sein, da die bei einzelnen Komponenten erreichbaren Einsparungen gerade ausreichen dürften, um über dem Durchschnitt liegende Steigerungsraten anderer Komponenten zu kompensieren [2]).

Der Beitrag, den der Produktionsfaktor „Sa" zur Produktivitätssteigerung erbringen kann, erscheint daher gering genug, um ihn im weiteren zu vernachlässigen.

Das bedeutet, daß in dem „Sa" zugeordneten Faktor $(1 - \frac{p}{100})$ „p" $\rightarrow 0$ geht und der Faktor insgesamt vernachlässigt werden kann. Demzufolge nimmt die Formel folgendes Aussehen an:

$$E\,(1{,}02)^n = Pa\,(1{,}08)^n\,(1 - \frac{p}{100})^n + Sa\,(1{,}02)^n \qquad (6)$$

Um den notwendigen Produktivitätsanstieg zu errechnen, ist die Formel nach p aufzulösen:

$$p = 100\,(1 - \sqrt[n]{\frac{(E - Sa)\,(1{,}02)^n}{Pa\,(1{,}08)^n}}) \qquad (7)$$

Da $(E - Sa)$ wegen (3) stets 1 sein muß, vereinfacht sich (7)

$$p = (100\,(1 - \sqrt[n]{\frac{1{,}02^n}{1{,}08^n}}) = 100\,(1 - \frac{1{,}02}{1{,}08}) = 5{,}56 \qquad (7a)$$

Um rd. 5 % muß die Arbeitsproduktivität jährlich steigen, wenn unter den gegebenen Verhältnissen ohne Änderung der betrieblichen Datenkonstellation eine negative Bilanz vermieden werden soll.

Da hier unter Personalaufwand der Aufwand für Arbeiter, Angestellte und Beamte verstanden wird, muß diese Produktivitätssteigerung auch den gesamten Personalbereich umfassen [3]).

Damit wird aber zugleich deutlich, wie schwierig es sein dürfte, einen solchen Rationalisierungserfolg Jahr für Jahr zu wiederholen.

Wird die Unterstellung nach Konstanz der Daten aufgegeben und z. B. investiert, um eine höhere Mechanisierungsstufe und damit eine Verlagerung von Personalaufwand zu Mechanisierungsaufwand (Ma) (Abschreibung, Verzinsung etc.) zu erreichen, so läßt sich wegen seiner niedrigeren Teuerungsrate (unterstellt werden ebenfalls 2 %) die Forderung schon mit geringeren Produktivitätsanstiegen erreichen.

Die Formel (3) wäre demzufolge umzuformen:

$$E = (Pa - Ma) + Ma + Sa \qquad (8)$$

Setzt man (8) in (6) ein, ergibt sich folgender Ausdruck

$$E\,(1{,}02)^n = (Pa - Ma)\,(1{,}08)^n\,(1 - \frac{p}{100})^n + Ma\,(1{,}02)^n\,(1 - \frac{p}{100})^n + Sa\,(1{,}02)^n \qquad (9)$$

Diese Gleichung ist wiederum nach p aufzulösen:

$$p = 100\,(1 - \sqrt[n]{\frac{E\,(1{,}02)^n - Sa\,(1{,}02)^n}{(Pa - Ma)\,(1{,}08)^n + Ma\,(1{,}02)^n}}) \qquad (10a)$$

Um „p" beziffern und den Einfluß verschiedener Mechanisierungsstufen deutlich machen zu können, mögen die einzelnen Faktoren der Gleichung (10a) folgende Werte annehmen:

$E = 100$
$Pa = 70$
$Sa = 30$
$Ma = x \; (0 \leqq x \leqq 40)$ [4])
$n \; (1 \leqq n \leqq 21)$

Um Unabhängigkeit von absoluten Größen zu erreichen, wurde das prozentuale Verhältnis von „Pa" zu „Sa" als Ausgangsbasis gewählt. Nach (3) leitet sich dann der Wert von „E" her. „Ma" und „n" seien in den angenommenen Schranken variabel.

Dann gilt

$$p = 100\,(1 - \sqrt[n]{\frac{100\,(1{,}02)^n - 30\,(1{,}02)^n}{(70 - x)\,(1{,}08)^n + x\,(1{,}02)^n}} \qquad (10b)$$

Folgende Produktivitätssteigerungen sind dann notwendig, um der erhobenen Forderung nach nicht negativem Reinertrag genüge zu tun.

**Tabelle 1**
**Zur Vermeidung von Verlusten erforderliche Produktivitätssteigerungen**

| x | n 1 | 6 | 11 | 16 | 21 | Spanne |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 | 5,6 % | 5,6 |
| 10 | 4,8 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 5,1 % [5]) | 4,8 – 5,1 |
| 20 | 4,0 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,5 % | 4,0 – 4,5 |
| 30 | 3,3 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 3,9 % | 3,3 – 3,9 |
| 40 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,0 | 3,2 % | 2,5 – 3,2 |

Wie nicht anders zu erwarten, genügen nach dem Austausch des teueren Produktionsfaktors „Arbeit" durch den billigeren „Kapital" schon geringere Produktivitätssteigerungen zur Erhaltung des Gleichgewichts.

Diese Berechnung beinhaltet die Prämisse, daß Personal- und Mechanisierungsaufwand mit der gleichen Effektivität an den Produktionssteigerungen beteiligt sind. Ob diese Prämisse zutrifft, kann nur im konkreten Fall beurteilt werden.

Die zur Bestimmung des notwendigen Produktivitätsanstieges (Tab. 1) unterstellten Steigerungsraten betrugen beim Rohertrag (E) = 2 %, beim Sachaufwand (Sa) = 2 %, beim Personalaufwand (Pa) = 8 %, beim Mechanisierungsaufwand (Ma) = 2 %. Wieweit diese als Durchschnittswerte der Vergangenheit ermittelten

2) Das macht allein die Entwicklung des Sachaufwandes im Betriebsbereich deutlich: Er entwickelte sich bei Unterstellung einer „Standardstruktur" wie folgt:

| | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | FWJ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kulturbereich | 100 | 103 | 96 | 80 | 88 | % |
| Wegebaubereich | 100 | 100 | 112 | 123 | 138 | % |
| Waldschutzbereich | 100 | 98 | 98 | 99 | 90 | % |

3) Wird der Verwaltungssektor nicht mit einbezogen, dann sind bei dem zur Zeit gegebenen Verhältnis von rd. 40 % Gehalts- zu 60 % Lohnaufwand von 10 % auf 30 % sich steigernde Produktivitätszuwachsraten im Betriebsbereich erforderlich.

4) Da ein restloser Ersatz von „Pa" durch „Ma" ausgeschlossen werden kann, war eine obere Schranke für $x < 70$ zu wählen. Sie wurde in Ermangelung von Untersuchungsergebnissen mit 40 festgesetzt.

5) Der im Zeitablauf geringfügige Anstieg von p erklärt sich aus dem in der Potenz stehenden Zeitfaktor (s. Gleichung (10)).

Größen auch in Zukunft zu erwarten sind, ist unbestimmt und nicht exakt vorherzusagen. Änderungen sind mit Sicherheit zu erwarten. Da dadurch ebenfalls die Werte von „p" geändert werden, interessiert das Ausmaß einer solchen Änderung, insbesondere welchen Einfluß die Änderung einer einzelnen Steigerungsrate auf „p" hat. Aus diesem Grund wurde unter Konstanz der restlichen drei (ceteris paribus Bedingung) jeweils eine Steigerungsrate um ± 1 % geändert und die relative Änderung von „p" bezogen auf die Ursprungswerte ermittelt (Tab. 2):

Tabelle 2
**Relative Änderungen von „p" gegenüber den Werten der Tabelle 1 bei Änderung jeweils einer Steigerungsrate um ± 1 %**

| X | E ± 1 %[6] | Sa ± 1 % | Pa ± 1 % | Ma ± 1 % |
|---|---|---|---|---|
| 0 | ∓ 23 % | ± 8 % | ± 16 % | ± 0 % |
| 10 | ∓ 27 % | ± 9 % | ± 16 % | ± 2 % |
| 20 | ∓ 31 % | ± 10 % | ± 17 % | ± 4 % |
| 30 | ∓ 38 % | ± 12 % | ± 17 % | ± 9 % |
| 40 | ∓ 48 % | ± 15 % | ± 18 % | ± 15 % |

Wird mehr als eine Steigerungsrate geändert und/oder mehr als eine einprozentige Änderung gegenüber der Ausgangskonstellation vorgenommen, läßt sich die insgesamt zu erwartende Änderung von „p" näherungsweise dadurch errechnen, daß die von den einzelnen Größen ausgehenden Wirkungen addiert bzw. subtrahiert werden.

Steigt z. B.
der Rohertrag nicht um 2 % sondern um 3 % = + 1 %
der Sachaufwand nicht um 2 % sondern um 4 % = + 2 %
der Personalaufwand nicht um 8 % sondern um 10 % = + 2 %
der Mechanisierungsaufwand nicht um 2 % sondern um 4 % = + 2 %
bei einem gegebenen Anteil des Mechanisierungsaufwandes von 20 %, dann errechnet sich folgende Gesamtänderungsrate:

E = + 1 % = — 31 % relative Änderung von „p" = — 31 %
Sa = + 2 % = 2 x 10 % relative Änderung von „p" = + 20 %
Pa = + 2 % = 2 x 17 % relative Änderung von „p" = + 34 %
Ma = + 2 % = 2 x 4 % relative Änderung von „p" = + 8 %

Relative Gesamtänderung[7]) = + 31 %

Da die relative Gesamtänderung 31 % beträgt, sind die Werte der Tabelle 1 bei x = 20 (Zeile 3) mit dem Faktor 1,31 zu multiplizieren, um die unter den veränderten Bedingungen notwendigen Produktivitätssteigerungen zu errechnen.

Danach ergeben sich:

| n<br>x = 20 | 1<br>4,0 x 1,31 | 6<br>4,2 x 1,31 | 11<br>4,3 x 1,31 | 16<br>4,4 x 1,31 | 21<br>4,5 x 1,31 |
|---|---|---|---|---|---|
| Näherungswerte | = 5,2 | = 5,5 | = 5,6 | = 5,8 | = 5,9 |
| Exakter Wert | 5,3 | 5,4 | 5,6 | 5,7 | 5,8 |
| Abweichung[8]) | 2 % | 2 % | 0 | 2 % | 2 % |

6) Zu beachten ist, daß eine Änderung der Steigerungsrate von „E" eine gegenläufige Änderung von „p" bewirkt.

7) Anmerkung: Die Gleichung (10) erhält dadurch, daß der Faktor „n" in der Potenz steht, ihre nichtlineare Form. Bezieht man nun die bei der Variation der verschiedenen Steigerungsraten sich ergebenden Zahlenebenen von „p" auf eine dieser Ebenen, erhält man die relativen Änderungen von „p" gegenüber der gewählten Basis. Da die relativen Änderungen stark der Linearform angenähert sind, kann man durch eine im Prinzip auf der Parallelenverschiebung beruhenden Näherungslösung die geänderten Werte von „p" hinreichend genau auch dann ermitteln, wenn die ceteris paribus-Bedingung aufgegeben wird.

Wenn es mit Hilfe dieses Vorgehens auch relativ einfach ist, deduktiv die Produktionssteigerungen zu ermitteln, die notwendig sind, um Verluste zu vermeiden, so ist damit noch nicht gesagt, ob in den Forstbetrieben dazu auf Dauer ausreichende Produktivitätsreserven vorhanden sind. Um diese Frage beantworten zu können, ist es zuvor notwendig, die diesbezügliche Entwicklung der letzten Jahre zu analysieren.

## 4. Die Entwicklung der Arbeitsintensität und der Arbeitsproduktivität

Die folgende Untersuchung zeigt die diesbezügliche Entwicklung in der Hessischen Staatsforstverwaltung von 1965 - 1969 auf[9]) (21).

### 4.1 *Entwicklung der tatsächlichen Arbeitsintensität*

Stellt man für die Jahre 1965 - 1969 die Ist-Daten bezogen auf den ha Holzboden zusammen, erhält man folgendes Bild:

Tabelle 3
**Entwicklung der tatsächlichen Arbeitsintensität**

| FWJ | 1965 | | 1966 | | 1967 | | 1968 | | 1969 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Produktions-bereich | Std. je ha | % | Std. je ha | % | Std. je ha | % | Std. je ha | % | Std. je ha | % |
| Hauung | 10,5 | 55 | 10,1 | 56 | 9,8 | 61 | 7,6 | 53 | 8,4 | 62 |
| Kulturen | 5,9 | 31 | 5,4 | 30 | 4,1 | 26 | 4,3 | 30 | 3,6 | 26 |
| Wegebau | 1,5 | 8 | 1,2 | 7 | 1,0 | 6 | 1,1 | 8 | 0,8 | 6 |
| Waldschutz | 1,2 | 6 | 1,1 | 7 | 1,0 | 7 | 1,5 | 10 | 0,8 | 6 |
| Sonstiges | 0,1 | — | 0,1 | — | — | — | — | — | — | — |
| Summe | 19,2 | 100 | 17,9 | 100 | 15,9 | 100 | 14,5 | 100 | 13,6 | 100 |
| In % v. 1965 | 100 | | 93 | | 83 | | 76 | | 71 | |

Da diesen Zahlenangaben für die einzelnen Jahre unterschiedliche Arbeitsprogramme zugrunde liegen, ist ihre Aussagekraft — auch wenn es sich um Durchschnittswerte einer Landesforstverwaltung handelt — nur begrenzt.

Dennoch wird deutlich, daß in diesem Zeitraum erhebliche Rationalisierungserfolge erzielt wurden. Ironische Fragen, ob sich die Forstwirtschaft überhaupt rationalisieren lassen will (5), finden damit ihre Beantwortung.

Um diese Zahlen aussagekräftiger zu machen und um daraus die technische Arbeitsproduktivität errechnen zu können, muß der Einfluß der verschiedenen Arbeitsprogramme ausgeschaltet werden. Dafür sind von HILF, STEINLIN und GEIGER Vorschläge gemacht worden (4, 17). Für den Bereich der Hauung laufen sie darauf hinaus, das Verhältnis von Vorgabezeit zu tatsächlicher Arbeitszeit oder daraus abgeleiteter adäquater Zahlen verschiedener Jahre zu vergleichen und so den Produktivitätsindex zu errechnen.

Während ein solches Vorgehen für die anderen Bereiche der fehlenden einheitlichen Vorgabezeiten wegen überhaupt nicht infrage kommt, ist es seit Wegfall der einheitlichen Akkordbasis im Jahre 1965 auch für den Bereich der Hauung nur noch mit Schwierigkeiten zu verwirklichen.

Um den Einfluß verschiedener Arbeitsprogramme zu eliminieren, verbleibt nur noch das Festlegen einer bestimmten Standardstruktur für das Arbeitsprogramm, ein Vorgehen, das dem Grunde nach erstmals GEIGER für die Forstwirtschaft (4) vorgeschlagen hat. Zu diesem Zweck ist es nötig, den Arbeitsaufwand in den verschiedenen Jahren je Leistungseinheit der einzelnen Bereiche (fm,

8) Die maximal auftretenden Abweichungen der Näherungswerte gegenüber den exakten Werten betragen bei Änderung der Steigerungsrate des Personalaufwandes in den Grenzen von 6 - 10 % und bei den restlichen Steigerungsraten in den Grenzen von 1 - 4 % in den Extremfällen 6 %.

9) Die Daten sind jeweils Teil II der Wirtschaftsergebnisse (Stat. Nachweisungen) entnommen.

ha, lfdm, km) zu ermitteln und mit den durch die Standardisierung festgelegten Produktionsmengen der einzelnen Bereiche zu multiplizieren.

### 4.2 *Arbeitsaufwand je Leistungseinheit*

Für drei der vier wesentlichen Produktionsbereiche konnte die Entwicklung des Arbeitsaufwandes für das Jahrzehnt 1960 - 1969 ermittelt und aufgezeigt werden, für den Bereich „Waldschutz" war aus statistischen Gründen eine Beschränkung auf den Zeitraum 1965 - 1969 notwendig:

#### Produktionsbereich „Hauung"

Die folgende Reihe zeigt die Entwicklung des tatsächlichen Arbeitsaufwandes:

| 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| in absoluten Zahlen (Std./fm): | | | | | | | | | |
| 2,86 | 2,50 | 2,33 | 2,33 | 2,13 | 1,89 | 1,79 | 1,82 | 1,75 | 1,54 |
| in Prozenten (Basis 1960): | | | | | | | | | |
| 100 % | 87 % | 81 % | 81 % | 74 % | 66 % | 63 % | 64 % | 61 % | 54 % |
| Entwicklungsreihe bei gleichbleibendem Anteil der Mittelstammstufe in %: | | | | | | | | | |
| 100 % | 87 % | 81 % | 82 % | 76 % | 70 % | 67 % | 59 % | 68 % | 57 % |

Die zweite Zeitreihe errechnet sich, wenn für den gesamten Zeitraum eine gleichbleibende Verteilung des Holzanfalles auf die Mittelstammstufe unterstellt wird, was hier auf der Basis des FWJ 1960 erfolgte.

Beim Vergleich der beiden Entwicklungsreihen zeigt sich deutlich, daß ab 1964 die Verringerung des Arbeitsaufwandes zum Teil durch eine Verlagerung des Einschlags in stärkere Mittelstammstufen erzielt wurde. Das FWJ 1967 ist ein Sonderfall, da durch die Windwurfkatastrophe der Anteil stärkerer Fichte am Einschlag überdurchschnittlich hoch war.

Eine weitergehende, an sich wünschenswerte Standardisierung — z. B. der Anteile von End- und Vornutzung und der Anteile der Holzartengruppen — scheitert an der beschränkten Differenzierung der Statistiken.

#### Produktionsbereich „Kulturen"

Hier wurde die Entwicklung in den vier Teilbereichen „Neukultur", „Nachbesserung", Kultur- und Jungwuchspflege" und „Kämpe" ermittelt, die zusammen einen Anteil von über 90 % am Gesamtarbeitsaufwand des Produktionsbereiches „Kulturen" haben.

Auch hier ist die Abnahme des Arbeitsaufwandes (bei Neukultur und Jungwuchspflege je ha, bei Nachbesserung je ha reduzierte Fläche, bei Kämpen je ar) beträchtlich. Als Gründe lassen sich nennen: verstärkter Nadelholzanbau, der Übergang zu weiteren Pflanzverbänden, die Anwendung chemischer Mittel.

Bei der Beurteilung der Aussagefähigkeit der folgenden Zahlen muß berücksichtigt werden, daß der Einfluß einzelner Faktoren nicht quantifiziert werden kann und daß es offen bleiben muß, ob nicht ein Teil der Aufwandsverringerung zum Schaden der Nachhaltigkeit auf Unterlassungen zurückzuführen ist.

| FWJ | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bereich Neukultur (Std./ha) | | | | | | | | | | |
| | 218 | 232 | 217 | 191 | 190 | 173 | 163 | 151 | 144 | 125 |
| Nachbesserung (Std./ha) | | | | | | | | | | |
| | 221 | 200 | 174 | 162 | 143 | 132 | 120 | 105 | 92 | 97 |
| Kultur- und Jungwuchspflege (Std./ha) | | | | | | | | | | |
| | 60 | 61 | 55 | 52 | 46 | 49 | 45 | 36 | 35 | 31 |
| Kämpe Std./ar) | | | | | | | | | | |
| | 39 | 33 | 32 | 29 | 18 | 26 | 24 | 20 | 17 | 17 |

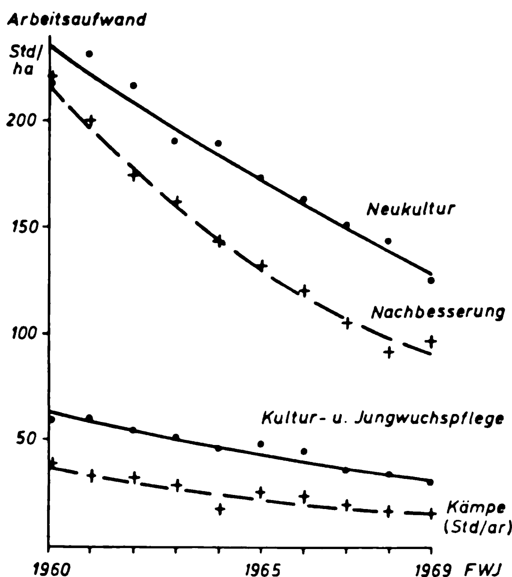



Abb. 1
Entwicklung des Arbeitsaufwandes im Teilbereich „Kulturen"

#### Produktionsbereich „Wegebau"

Auf die beiden hier analysierten Teilbereiche entfallen über 80 % des gesamten Arbeitsaufwandes. Hier sind die stärksten Aufwandsverringerungen zu verzeichnen. Insbesondere beim „Wegeneu- und -ausbau" sind die durch Maschineneinsatz erzielten Einsparungen sehr hoch.

| FWJ | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wegeneu- und -ausbau (Std./km) | | | | | | | | | | |
| | 1039 | 782 | 716 | 520 | 374 | 188 | 142 | 167 | 94 | 70 |
| Wegeunterhalt (Std./km) | | | | | | | | | | |
| | 318 | 328 | 275 | 252 | 206 | 120 | 121 | 108 | 95 | 74 |

Die starke Abflachung der die Entwicklung charakterisierenden Kurve im Bereich des „Wegeneu- und -ausbaues" weist darauf hin, daß hier die Mechanisierungsreserven weitgehend ausgeschöpft sind.

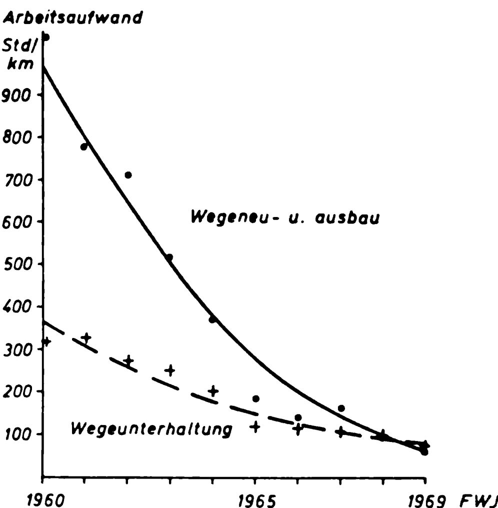



Abb. 2
Entwicklung des Arbeitsaufwandes im Teilbereich „Wegebau"

Entsprechend der geringeren Mechanisierungsmöglichkeit verläuft die Kurve sehr viel flacher, aber auch bei diesem Teilbereich ist der Trend als günstig zu bezeichnen.

Produktionsbereich „Waldschutz"

Die beiden wichtigsten Teilbereiche sind hier Bau von „Kulturgattern" und „sonstiger Schutz gegen Wildschäden". Sie umfassen einen Anteil von über 85 %.

Der Arbeitsaufwand bei den zum Bereich „Waldschutz" gehörenden Bekämpfungsmaßnahmen gegen Schädlinge ist aus ökologischen Gründen starken Schwankungen unterworfen.

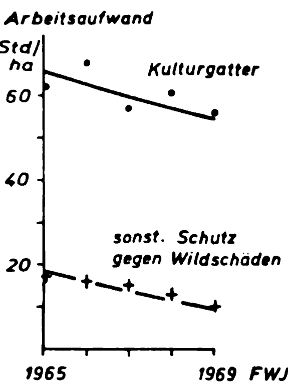



Abb. 3
Entwicklung des Arbeitsaufwandes im Teilbereich „Waldschutz"

Auch hier ist eine Verringerung des Arbeitsaufwandes zu verzeichnen, wenn auch in geringerem Maße. Die Zeitreihe macht das deutlich: (Der Arbeitsaufwand ist bezogen auf den Hektar gegatterter bzw. geschützter Fläche.)

| FWJ | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|---|---|---|---|---|---|
| Kulturgatter | 62 | 68 | 57 | 61 | 56 |
| sonstiger Wildschutz | 17 | 16 | 15 | 13 | 10 |

Die bislang nicht erfaßten Teilbereiche machen nur etwa 5 % des Gesamtarbeitsaufwandes aus. Da sie den sog. Leistungseinheiten nicht direkt zurechenbar sind, werden sie bei der Standardisierung als konstanter Faktor behandelt.

### 4.3 *Entwicklung der theoretischen Arbeitsintensität*

Damit die theoretische Arbeitsintensität errechnet werden kann, muß für das Arbeitsprogramm, nachdem die Entwicklung des Arbeitsaufwandes je Leistungseinheit ermittelt ist, noch eine Standardstruktur festgelegt werden. Als solche wurde das folgende durchschnittliche Arbeitsprogramm des Zeitraumes 1965 - 1969 unterstellt:

| | | |
|---|---|---|
| Einschlag rd. 1.460.000 Efm | = | 4,6 Efm/ha Holzboden |
| Neukulturfläche 3.060 ha | = | rd. 1 % der Holzbodenfläche |
| Nachbesserungsfläche 1.000 ha | = | rd. 33 % der Neukulturfläche |
| Pflegefläche 15.100 ha | = | rd. 5 % der Holzbodenfläche |
| Wegeneu- und -ausbau 560 km | = | rd. 1,8 lfdm/ha Holzboden |
| Wegeunterhaltung 2.100 km | = | rd. 6,6 lfdm/ha Holzboden |
| Jährl. Gatterfläche 1.700 ha | = | rd. 55 % der Neukulturfläche |
| Sonst gegen Wild geschützte Fläche 15.000 ha | = | rd. 5 % der Holzbodenfläche |

Für dieses Arbeitsprogramm errechnet sich für den Zeitraum 1965 - 1969 folgende Entwicklung der theoretischen Arbeitsintensität:

Tabelle 4
**Entwicklung der theoretischen Arbeitsintensität**

| FWJ | 1965 | | 1966 | | 1967 | | 1968 | | 1969 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Produktionsbereich | Std. je ha | % | Std. je ha | % | Std. je ha | % | Std. je ha | % | Std. je ha | % |
| Hauung | 9,7 | 54 | 9,3 | 54 | 9,6 | 59 | 9,3 | 60 | 8,5 | 61 |
| Kulturen | 5,6 | 32 | 5,2 | 30 | 4,4 | 27 | 4,2 | 27 | 3,7 | 27 |
| Wegebau | 1,3 | 7 | 1,3 | 8 | 1,2 | 7 | 1,0 | 6 | 0,8 | 6 |
| Waldschutz | 1,3 | 7 | 1,3 | 8 | 1,2 | 7 | 1,1 | 7 | 0,9 | 6 |
| Summe | 17,9 | 100 | 17,1 | 100 | 16,4 | 100 | 15,6 | 100 | 13,9 | 100 |
| In % v. 1965 | 100 | | 96 | | 92 | | 87 | | 78 | |

Es zeigt sich eine geringere Schwankungsbreite als bei der Entwicklung des wirklichen Arbeitsaufwandes. Bei der Interpretation muß beachtet werden, daß sich nur der Einfluß quantitativer Verschiebungen eliminieren ließ und daß die so ermittelte Arbeitsintensität eine fiktive Größe ist, impliziert sie doch die unbeschränkte Verfügbarkeit von Arbeitskräften.

### 4.4 *Entwicklung der technischen Arbeitsproduktivität*

Die Produktivität (p) ist definiert als das Verhältnis von $\frac{\text{Produktionsergebnis (E)}}{\text{Produktionsfaktoren (K)}}$ (6, 15). Doch nicht die Produktivität selbst ist interessant, sondern ihre Wachstumsrate, die sich aus dem Vergleich der Produktivität eines Jahres ($P_n$) mit der eines anderen ($P_{n+x}$) ergibt (15). Wählt man, um die Veränderungen zu ermitteln, $P_n$ als Bezugspunkt, dann errechnet sich die Steigerung aus:

$$\frac{P_{n+1}}{P_n} \times 100 \qquad \text{oder} \qquad \frac{E_{n+1} \times K_n}{K_{n+1} \times E_n} - 1 \times 100$$

Da E wegen des standardisierten Arbeitsprogrammes im gegebenen Fall $E_n = E_{n+1}$ = konstant ist, vereinfacht sich der Ausdruck auf

$$\frac{K_n}{K_{n+1}} - 1 \times 100$$

Tabelle 5
**Entwicklung der Arbeitsproduktivität[10])**

| FWJ | 65/66 | 66/67 | 67/68 | 68/69 | Durchschnittl. Produktivitätssteigerung[11]) |
|---|---|---|---|---|---|
| Produktionsbereich | % | % | % | % | % |
| Hauung | 4,1 | — 3,6 | 3,3 | 9,8 | 3,4 |
| Kulturen | 8,1 | 17,5 | 4,8 | 14,7 | 11,3 |
| Wegebau | 5,6 | 3,3 | 20,8 | 23,2 | 13,2 |
| Waldschutz | 0,8 | 11,2 | 6,4 | 21,1 | 9,9 |
| Gesamter Betriebsbereich | 5,2 | 3,6 | 5,0 | 12,6 | 6,6 |

An der durchschnittlichen jährlichen Steigerung der Arbeitsproduktivität von 6 - 7 % (= 100 %) war „Hauung" mit 30 %, „Kulturen" mit 47 %, „Wegebau" mit 12 % und „Waldschutz" mit 11 % beteiligt.

Diese beträchtlichen Unterschiede sind leicht zu erklären. Die Ursache für die geringen Rationalisierungserfolge 1965 - 68 in der Hauung liegt in dem konventionellen Aufarbeitungsverfahren mit der Einmann-Motorsäge, das nur noch geringe Verbesserungen erwarten läßt (9). Der starke Anstieg von 1968 auf 1969 ist auf die vermehrte Aufarbeitung von „Industrieholz — lang" bei der Buche zurückzuführen.

In den Bereichen „Kulturen" und „Waldschutz" sind die Produktivitätssteigerungen fast ausschließlich auf Arbeitsvereinfachungen zurückzuführen. Im Rahmen dieser deduktiven Betrachtung kann nicht gesagt werden, ob nur Überflüssiges eingespart oder auch Notwendiges unterlassen wurde. Den in diesen beiden Bereichen erzielten beachtlichen Produktivitätssteigerungen (Anteil am Gesamtergebnis 58 %) ist es zu verdanken, daß für den gesamten Betriebsbereich die beachtliche Steigerung von über sechs Prozent erreicht wurde. Dieses Ergebnis bestätigt die von OTT (11) für Baden-Württemberg errechneten Zahlen. Auch ist ihm darin zuzustimmen, daß hier in Zukunft nur noch geringere Rationali-

10) Wegen vorgenommener Ab. bzw. Aufrundung in Tab. 4 ergeben sich, sofern die Werte zur Berechnung der Arbeitsproduktivität benutzt werden, Abweichungen gegenüber den Werten der Tab. 5.

11) Berechnet nach der Zinseszinsformel.

sierungserfolge zu erwarten sind, da der Vereinfachung von Arbeitsverfahren natürliche Grenzen gesetzt sind.

Schwierigkeiten bereitet die Interpretation der Zahlen für den voll mechanisierten Bereich „Wegebau", da die Entwicklung hier nicht allein durch „betriebliche Erfordernisse" bestimmt[12]), sondern stark von den je nach der konjunkturellen Lage zur Verfügung stehenden Mitteln beeinflußt wird.

Diese in den einzelnen Bereichen sehr unterschiedliche Ausgangslage ist bei der Prognose, welche Produktivitätsreserven noch ausgeschöpft werden können, zu berücksichtigen.

### 5. Durch Mechanisierung zu erwartende Produktivitätssteigerungen

Den in der Einleitung auf Seite 1 zitierten Vorschlägen hinsichtlich der Mechanisierung folgend sollen sukzessive Investitionen bis zur Höhe von 150,— DM/ha (Mechanisierungsstufe 4 nach Loycke (7)) vorgenommen und die vermutlichen Auswirkungen auf Höhe und Struktur des Aufwandes untersucht werden.

Es wird dabei von Daten ausgegangen, die etwa der Aufwandsstruktur der Hessischen Staatsforstverwaltung des FWJ 1969 entsprechen. Geringfügige Abweichungen sind auf Ab- bzw. Aufrundungen zurückzuführen.

| Kostenstellen | Kostenarten | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gehälter einschl. Bezüge d. Versorg.-empf. | Steuern | Löhne einschl. Sozialausgaben | Sachausgaben | Summe |
| | DM/ha | DM/ha | DM/ha | DM/ha | DM/ha |
| Verwaltung | 100,— | 20,— | — | 25,—[13]) | 145,— |
| Hauung | — | — | 90,— | 20,—[14]) | 110,— |
| Kulturen | — | — | 25,— | 5,—[14]) | 30,— |
| Wegebau | — | — | 5,— | 10,—[14]) | 15,— |
| Waldschutz u. sonst. Betriebsvollzug | — | — | 10,— | 10,— | 20,— |
| Summe | 100,— | 20,— | 130,— | 70,— | 320,— |

*Variante 1:*

Es werden Investitionen in Jahresraten von 10,— DM/ha Holzboden vorgenommen. Dies soll einen Arbeitsproduktivitätszuwachs für den Bereich von Holzernte und Transport, wo der Schwerpunkt der Mechanisierung liegen dürfte, von 20 %, für die anderen Betriebsbereiche[15]) von 10 % bewirken.

Dadurch sind organisatorische Änderungen im Bereich des Verwaltungssektors mit Sicherheit zu erwarten. Da vermehrter Maschineneinsatz eine Zunahme der dispositiven Tätigkeit bedingen dürfte, wird Fachpersonal kaum in nennenswertem Umfang eingespart werden können (16). Die Zahl der Angestellten soll dagegen nach und nach um 50 % gesenkt werden.

12) Wirtschaftsergebnisse 1969, S. I/3.

13) Einschließlich Kostenerstattung an Bau- und Kassenverwaltung sowie Gebäudeunterhaltung etc.

14) In diesen Sachausgaben sind Abschreibungen in Höhe von 3,— DM/ha enthalten. Da sie jedoch zu 87 % auf Wegebauabschreibung entfallen, wurden sie nicht als eigene Kostenart ausgewiesen. Ebenfalls hier eingeordnet sind Fremdleistungen. Aber auch dieser Aufwandsposten ist geringfügig, da das überwiegend von Unternehmern durchgeführte Rücken des Holzes diesen von den Käufern i. d. R. direkt vergütet wird.

15) Der Produktivitätsanstieg wurde in diesen Bereichen deswegen um die Hälfte niedriger als im Bereich „Hauung" angesetzt, weil der Wegebau schon weitgehend mechanisiert ist, bei den Kulturen bis auf Geräte zur Schlagabraumbeseitigung nur in gering geneigten Lagen Bodenbearbeitungsgeräte und Pflanzmaschinen eingesetzt werden können und im Bereich „Waldschutz" der Schutz gegen Wildschäden bis heute nicht mechanisiert werden konnte und gegen sonstige Schädlinge ein Einsatz gröberer Maschinen nur bei Kalamitäten sinnvoll und rentabel ist.

Dem Modell liegen weiterhin folgende Annahmen zugrunde: Die jährliche Steigerung des Personalaufwandes wurde mit 8 %, die des Sachaufwandes und der Anschaffungspreise für Maschinen mit 2 % unterstellt. Vom investierten Kapital wird eine Verzinsung von 3 % gefordert. Die Abschreibung erfolgt linear über einen Zeitraum von 5 Jahren. Abgeschriebene Maschinen werden ausrangiert und durch neue ersetzt[16]). Die Reparaturkosten werden mit 50 % der Abschreibung, die Betriebskosten mit 20 % der fixen Kosten kalkuliert.

*Variante 2:*

Es wird nicht investiert. Der Zuwachs der Arbeitsproduktivität betrage dadurch für den gesamten betrieblichen Bereich nur 5 %. Die übrigen Steigerungsraten seien identisch.

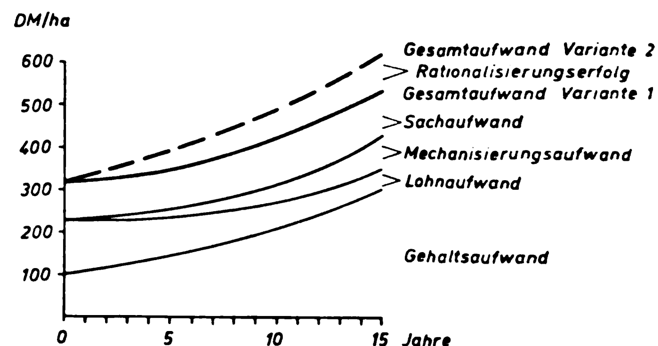



Abb. 4
Entwicklung von Höhe und Struktur des Aufwandes

Der Vergleich der beiden Varianten zeigt die recht unterschiedliche Entwicklung der Aufwandsstruktur:

| | heute | nach 5 Jahren | nach 10 Jahren | nach 15 Jahren | |
|---|---|---|---|---|---|
| Gehaltsaufwand | 100 | 145 | 211 | 308 | DM/ha HB |
| Sachaufwand | 90 | 97 | 105 | 114 | DM/ha HB |
| Lohnaufwand | | | | | |
| Variante 1 | 130 | 87 | 62 | 46 | DM/ha HB |
| Variante 2 | 130 | 151 | 175 | 203 | DM/ha HB |
| Mechanisierungsaufwand | | | | | |
| Variante 1 | — | 20 | 44 | 73 | DM/ha HB |
| Variante 2 | — | — | — | — | |
| Gesamtaufwand | | | | | |
| Variante 1 | 320 | 349 | 422 | 541 | DM/ha HB |
| Variante 2 | 320 | 293 | 491 | 625 | DM/ha HB |

Während sich beim Unterlassen jeglicher Investition das heutige Verhältnis von Personal- und Sachaufwand von 72 : 28 im Laufe von 15 Jahren auf 82 : 18 verschlechtert, bewirkt unter den recht optimistischen Prämissen die Durchführung eines solchen Investitionsprogrammes eine Verbesserung der Relation auf 65 : 35.

Auch wird durch die Mechanisierung der Kostenanstieg erheblich verlangsamt — im Modell von 46 % auf 36 % —, wodurch für

16) Neue Maschinengenerationen weisen i. d. R. Verbesserungen auf, die höhere Leistungen erwarten lassen. Für den Forstbetrieb ergibt sich daraus nur dann eine Steigerung der Kapitalproduktivität, wenn die Industrie die Preise nicht entsprechend erhöht.

Da hierfür keine Erfahrungszahlen vorliegen, wurde hier nicht wie bei der Herleitung der theoretisch erforderlichen Produktivitätssteigerung eine der Arbeitsproduktivitätssteigerung adäquate Steigerung der Kapitalproduktivität unterstellt. Zum Ausgleich erfolgte dafür im Betriebsbereich eine gegenüber der durchschnittlichen Zuwachsrate der technischen Arbeitsproduktivität von rd. 6 % in den letzten fünf Jahren im Modell der optimistische Ansatz einer 13 - 17 %igen Zuwachsrate.

15

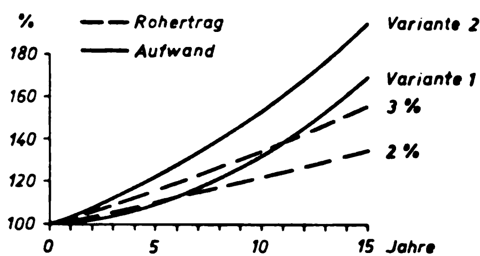



Abb. 5
Prozentuale Entwicklung von Rohertrag und Aufwand

einen geschätzten Zeitraum von 5 - 10 Jahren, also nicht auf Dauer, eine Verschlechterung der Reinertragslage verhindert werden kann.

Um einer solchen Verschlechterung vorzubeugen, kann daran gedacht werden, durch Verringerung des Fachpersonals die Zuwachsrate des Gehaltsaufwandes zu senken.

Wird dies versucht, um eine negative Bilanz zu vermeiden, wären unter den Prämissen des Modells schon nach 6 Jahren Personaleinsparungen notwendig. Sie müßten durchschnittlich 4 % pro Jahr erreichen, was bis zum Ende des 15jährigen Zeitraumes einen insgesamt ca. 30%igen Personalabbau bedeuten würde.

Es mag dahingestellt bleiben, ob überhaupt und in welchem Ausmaß eine Verringerung des Fachpersonals möglich ist. In dieser Größenordnung ist sie ohne negative Auswirkungen auf die Ertragslage schwerlich denkbar.

Wenn man bedenkt, daß eine Steigerung des (Roh-)Ertrages von 2 % auf 3 % (s. Abb. 5) den gleichen Effekt bewirkt wie ein Personalabbau in der Größenordnung von rd. 30 %, dann ist der Forderung MÜLDERS (10), den „Hebel der Rationalisierung ... an den Waldbeständen" anzusetzen, mindestens das gleiche Gewicht beizumessen wie der nach Rationalisierung durch Mechanisierung. Es kommt darauf an, beide Möglichkeiten auszuschöpfen.


## Zusammenfassung

Da die Reinertragslage der Forstwirtschaft trotz allgemeiner Hochkonjunktur bei vielen Betrieben Anlaß zur Sorge gibt, wird in Anbetracht des niedrigen Mechanisierungsgrades und der gegebenen Relation von Personal- zu Sachkosten in der Forstwirtschaft die rasche Vornahme von Investitionen gefordert, um einen höheren Mechanisierungsgrad zu erreichen.

Da die Wirkung der Mechanisierung auf dem Ersatz „teurer" durch „billigere" Produktionsfaktoren beruht, läßt sich bei Vorgabe der Teuerungsraten herleiten, welche Produktivitätssteigerungen notwendig sind, wenn mindestens ein nicht negativer Reinertrag gefordert wird.

In Ermangelung entsprechender Untersuchungsergebnisse (Datenproblem) können diese theoretisch abgeleiteten Zahlen nicht direkt daraufhin überprüft werden, wie weit sie realisierbar sind. Daher wurde in Anlehnung an die Entwicklung der Arbeitsproduktivität in der Hessischen Staatsforstverwaltung von 1965 - 1969 mit Hilfe eines Modells versucht, den durch Mechanisierung wahrscheinlich erzielbaren Rationalisierungsprozeß einzuschätzen.

## Summary

Title of the paper: *Required and by means of mechanization probably achievable productivity increase in forestry.*

Falling net returns in forestry are causing concern. The low degree of mechanization and the existing ratio of personnel/materials expenditures put the urgent demand for investments. Mechanization affects through substituting "expensive" by "less expensive" production factors. Assuming certain inflation rates, the productivity increase can be assessed which is required to avoid at least net losses.

The lack of suitable data prevented a test of practicability of the theoretically derived figures. A model was constructed, using trends of work productivity in the Hesse state forests, 1965 to 1969, to approximate an estimate of the likely effects of rationalization. E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *L'augmentation de la productivité est nécessaire en économie forestière et peut vraisemblablement être obtenue par la mécanisation.*

En économie forestière, le niveau du revenu net est une cause de souci malgré la haute conjuncture dont bénéficient en général de nombreuses exploitations; en conséquence, et compte tenu du faible degré de mécanisation ainsi que des rapports entre les dépenses de personnel et de matériel régnant en économie forestière, des plans accélérés d'investissements s'imposent pour atteindre un plus haut degré de mécanisation.

L'efficacité de la mécanisation repose sur le remplacement de facteurs de la production «chers» par d'autres «moins coûteux»; ainsi on peut déduire du taux d'augmentation des charges financières quels sont les accroissements de productivité nécessaires pour qu'à tout le moins, le revenu net ne soit pas négatif.

Les résultats expérimentaux manquant dans ce domaine (problème des données), les valeurs obtenues par la théorie ne peuvent être directement testées afin de savoir dans quelle mesure elles sont valables. En se basant sur l'augmentation de la productivité dans l'administration forestière d'Etat de Hesse au cours de la période 1965 - 1969, on a cherché à l'aide d'un modèle, à estimer les résultats d'une rationalisation de l'exploitation qui peut vraisemblablement être attendue de la mécanisation. J. M.


## Literaturverzeichnis


1. BARTELHEIMER, P., 1971: Rationalisierung und Produktivitätsfortschritt im Forstbetrieb. AFZ Nr. 4, S. 71. — 2. BEISE, W., 1971: Erschließung, Düngung, Aufforstung und Rationalisierung der Arbeitskette (Referat). AFZ Nr. 1/2, S. 14. — 3. FRÖHLICH, H.-J., 1971: Intensive forstliche Öffentlichkeitsarbeit eine forstpolitische Forderung. AFZ Nr. 18, S. 368. — 4. GEIGER, F., 1960: Steigerung der Arbeitsproduktivität im Staatswald Nordwürttemberg von 1953 - 1958. AFZ Nr. 12, S. 173. — 5. KEMPFF, J., 1971: Möglichkeiten zur Mechanisierung der mitteleuropäischen Waldarbeit. AFZ Nr. 20, S. 395. — 6. LEHMANN, M. R., 1957: Die Produktivität der Arbeit als betriebswirtschaftliches, wirtschaftspolitisches und sozialpolitisches Problemgebiet. ZfB, S. 321, 384, 629, 678. — 7. LOYCKE, H.-J., 1968: Zur Prognose der Entwicklungstendenzen forstlicher Mechanisierung. FoHo, S. 37. — 8. LOYCKE, H.-J., 1971: Vor der Industrialisierung der Forstarbeit. HZBl., Nr. 69/70 v. 9. 6., S. 995. — 9. LOYCKE, H.-J.: Entwurf zu einer Grundkonzeption für die zukünftige Gestaltung von Holzernte und Holztransport in der deutschen Forstwirtschaft. Mitteilungen des KWF, Band IX. — 10. MÜLDER, D., 1969: Vorsicht beim Personalabbau (offener Brief an die nds. Landtagsabgeordneten). Der deutsche Forstmann Nr. 8, S. 2. — 11. OTT, W., 1971: Die Mechanisierung der Waldarbeit in Baden-Württemberg. — Stand der Entwicklung und aktuelle Probleme. FTI Nr. 4, S. 31. — 12. REHBOCK, N., 1971: Forstpolitik im Dienste gesellschaftspolitischer Ziele. AFZ Nr. 1/2, S. 4. — 13. SCHÜTTE, M. G., 1971: Aktuelle Möglichkeiten der Rationalisierung in der Forst- und Holzwirtschaft. FA, S. 97 ff. — 14. SIEBENBAUM, H., 1969: Sind die Warnungen Prof. Dr. Mülders nicht doch berechtigt? AFZ, S. 772. — 15. SPEIDEL, G., 1963: Die Produktivitätsmessung in der Forstwirtschaft. FA, S. 78. — 16. SPEIDEL, G., 1971: Mechanisierung, Betriebsgröße und Betriebsorganisation. FTI Nr. 3, S. 21. — 17. SPEIDEL, G., 1971: Alternativen einer nachhaltigen Forstwirtschaft. FA, S. 93 ff. — 18. SPEIDEL, G., 1971: Leistungsfähige Forstwirtschaft in ihrer Bedeutung für den Umweltschutz. Forstl. Mitteilungen 15, S. 279. — 19. WEGENER, H. J.: Forstmaschinen und Maschinenringe. AFZ Nr. 7, S. 128. — 20. WILCKENS, H. A., 1970: Die hessischen Wirtschaftsergebnisse 1969. Mitteilungsblatt des Hess. Waldbesitzerverbandes v. 14. 12. — 21. Wirtschaftsergebnisse der Hessischen Staatsforstverwaltung 1960 - 1969.

# Die „intensitätsmäßige" und die „selektive Anpassung" als Formen der betrieblichen Anpassung in der Forstwirtschaft

(Aus dem Institut für forstliche Betriebswirtschaftslehre der Universität Göttingen)

(Mit 3 Abbildungen)

**Herrn Professor Dr. D. Mülder zum 65. Geburtstag gewidmet**

Von F. Kató

## 1. Problemstellung

In letzter Zeit ist häufig von einer nach dem Grad der Kostendeckung vorzunehmenden Abstufung der „Intensität" die Rede und auch — falls der Erlös die variablen Kosten langfristig nicht mehr deckt — von einer „Stillegung" von Produktionsflächen. Dadurch soll gewissermaßen eine Gesundschrumpfung der Forstwirtschaft erreicht werden.

Für die Selektion der Bestände (oder Flächen) ist ein qualitatives Merkmal, nämlich ihre durch den Standort und die Baumart bestimmte Leistungsfähigkeit von beträchtlicher Bedeutung. Da man in der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre mit der sogenannten „selektiven Anpassung" eine Art der quantitativen Anpassung kennt, die der qualitativen nahekommt, soll versucht werden, mit ihrer Hilfe das Problem der betrieblichen Anpassung in der Forstwirtschaft zu klären.

## 2. Formen der betrieblichen Anpassung

Drei für unser Problem relevante Formen der betrieblichen Anpassung lassen sich in Anlehnung an Gutenberg (1969), jedoch in einer der Forstwirtschaft angepaßten Art, wie folgt formulieren:

### I. *Intensitätsmäßige Anpassung*

Sie liegt vor, wenn die produktiven Faktoren, hier vornehmlich Baumbestände und dispositive Tätigkeit, unterschiedlich in Anspruch genommen werden, und zwar unter der Voraussetzung, daß die Faktoren konstant bleiben und nur ihre Ausnutzung variiert wird. Eine Ausscheidung von Flächen aus der Produktion gehört nicht dazu.

Nach einer Windwurfkatastrophe paßt sich z. B. ein vom Windwurf nicht betroffener Forstbetrieb der veränderten Marktlage intensitätsmäßig in der Weise an, daß die Einschlagsmenge vorübergehend reduziert wird. Dabei werden weder die Flächengröße noch der Personalstand noch die Arbeitszeit verändert. Kein Stammarbeiter wird entlassen. Auch auf die Mitarbeit der regelmäßig beschäftigten Waldarbeiter wird nicht verzichtet. Ihr Einsatz könnte aber unter Beachtung der vom Rahmentarifvertrag in drei Jahren verlangten 180 Tariftage variiert werden. Unständig beschäftigte Waldarbeiter werden nicht eingestellt.

Der Betrieb bleibt in diesem Fall in voller Betriebsbereitschaft, so daß der planmäßige Hiebssatz jeder Zeit eingeschlagen werden könnte.

### II. *Anpassung nach dem Ertragsgesetz*

Voraussetzung einer solchen Anpassung ist, daß sich ein bestimmter Faktor oder eine konstante Faktorgruppe mit jeder beliebigen Menge eines anderen Faktors (Faktorgruppe) kombinieren läßt. Wenn also die Beschäftigung (Ausbringung, Massenertrag) des Betriebes zurückgeht, dann ist der Betrieb in der Lage, sich nur mit den variablen Faktoren anzupassen. Qualitative Änderungen der Produktionsbedingungen oder Änderungen der Faktorpreise sind dabei grundsätzlich ausgeschlossen.

Diese Anpassungsart unterscheidet sich von der intensitätsmäßigen Anpassung dadurch, daß nicht nur die Ausnutzung der Faktoren variiert wird, sondern auch eine „beliebige" quantitative Änderung der variablen Faktoren zulässig ist. Eine nähere Betrachtung zeigt jedoch, daß im weiten Bereich der Fälle bei beiden Anpassungsarten gleicherweise vorgegangen wird, weil Situationen, in denen eine quantitative Änderung ohne qualitative Änderungen vernünftig bzw. ohne eine Änderung der Faktorpreise möglich sind, selten vorkommen.

Würde in dem, bei der intensitätsmäßigen Anpassung genannten Beispiel der Betriebsleiter Entlassungen vornehmen, dann würde er die besten Waldarbeiter behalten. Es handelte sich dabei nicht nur um eine quantitative, sondern auch um eine qualitative Änderung. Würde der Betriebsleiter Kurzarbeit einführen (zeitliche Anpassung!), dann würde sich auch der Faktorpreis ändern, weil u. a. die Belastung der einzelnen Arbeitsstunde mit Sozialkosten höher wäre.

### III. *Selektive Anpassung*

Hierbei werden Produktionsflächen unter Berücksichtigung des qualitativen Gefälles, d. h. der durch den Standort und die Baumart bestimmten Leistungsfähigkeit aus der Produktion ausgeschieden (stillgelegt) und die sich daraus ergebenden Konsequenzen, wie z. B. Reduzierung des Forstpersonals, Entlassung von Arbeitern usw., werden berücksichtigt. Es handelt sich dabei um eine quantitative Anpassung, die in der Nähe von qualitativen Anpassungsmodalitäten liegt. Die Produktionskapazität des Betriebes wird verändert. Die ausgeschiedenen Flächen werden entweder verkauft oder in Bereitschaft gehalten. An der Restfläche wird normal weiter produziert.

Ein Forstbetrieb, der volle Handlungsfreiheit besitzt und dessen einziges Ziel die Maximierung des Reinerlöses ist, hätte im Falle einer langfristigen Verschlechterung des Kosten-Erlös-Verhältnisses folgende Alternativen:

a) Wenn in absehbarer Zeit weder eine weitere Verschlechterung noch eine Verbesserung zu erwarten ist, würde der Betrieb die Flächen, bei denen der Erlös die Kosten langfristig nicht mehr decken kann, verkaufen und den Arbeiter- und Personalstand, die Gebäude, den Maschinenpark usw. dem geringeren Arbeitsvolumen entsprechend verringern. Dabei wird der Betrieb die qualitativ besseren Arbeitskräfte usw. behalten.

b) Kann in absehbarer Zeit mit einer Verbesserung gerechnet werden, dann würde der Betrieb zwar einzelne Flächen aus der Produktion ausscheiden, sie jedoch in Bereitschaft halten, so daß bei Verbesserung der Lage die Produktion wieder aufgenommen werden kann. Von den Arbeiten und Kosten der Betriebsbereitschaft hängt es ab, welche Flächen auszuscheiden und welche Einsparungen an Arbeitern, Personal usw. möglich sind. Wird die Produktion wieder aufgenommen, müssen die betrieblichen Einschränkungen rückgängig gemacht werden.

c) Ist mit einer dauernden Verschlechterung der Lage zu rechnen, wäre der Betrieb gezwungen zu verkaufen, falls er die Verluste nicht anderweitig decken kann. Dieser Fall gehört allerdings nicht mehr zur selektiven Anpassung.

Die Alternativen a) und b) zeigen, daß es sich — im Gegensatz zu den Anpassungsarten I und II — bei III nicht um eine kurzfristige, sondern um eine lang- oder mittelfristige Entscheidung handelt. Dabei werden quantitative Veränderungen mit qualita-

tiven Änderungen gekoppelt vorgenommen, d. h. der Betrieb verfügt nach der Anpassung über qualitativ bessere Betriebsmittel als vorher. Es ist unerheblich, ob das Ertragsgesetz gilt oder nicht.

Die wesentlichen Merkmale dieser drei Anpassungsformen sollen mittels eines schon früher veröffentlichten (Kató 1970), hier in Abb. 1 noch einmal dargestellten Modells besprochen werden. Dafür sei Abb. 1 erläutert:

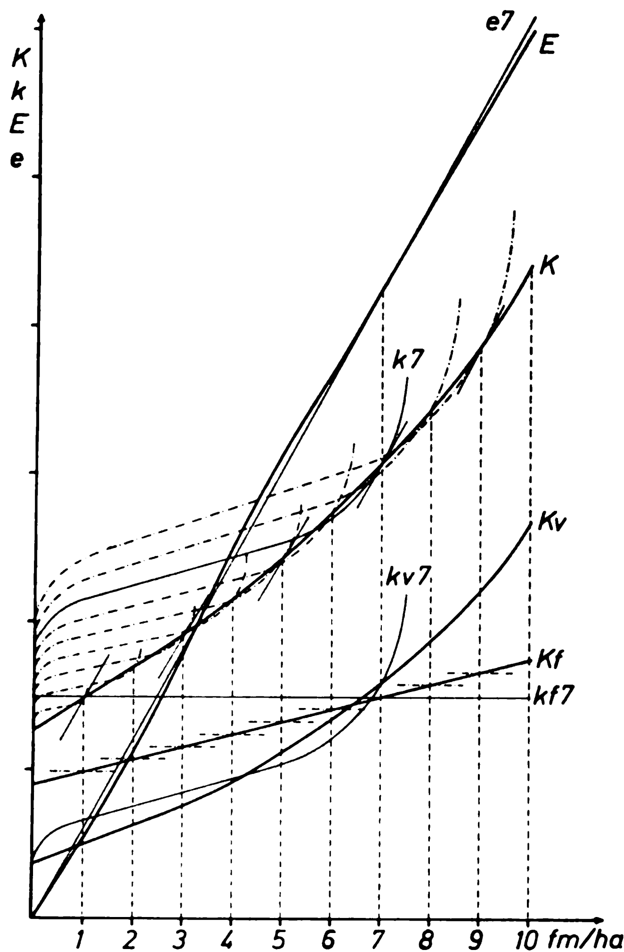



Abb. 1
Das Grundmodell (Erklärung im Text)

### 3. Erläuterung des Konzepts der Abbildung 1

Die benutzten Symbole bedeuten:

**e** bzw. E = Gesamterlös
**k** bzw. K = Gesamtkosten
**$k_f$** bzw. $K_f$ = fixe Kosten

(sie verhalten sich Produktmengenänderungen gegenüber indifferent und entstehen vorwiegend dadurch, daß der Betrieb für Beschaffung, Produktion und Absatz dauerhafte Anlagen benötigt, sowie Personal für die Leitung, Disposition und Kontrolle; außerdem sind Grundsteuern, sonstige Abgaben zu zahlen und z. B. Jagdkosten zu tragen)

**$k_v$** bzw. $K_v$ = variable Kosten

(sie werden erst durch die Tätigkeit des Betriebes in der Produktion und im Absatz hervorgerufen und sind in ihrer Höhe von Produktmengenänderungen und somit vom Beschäftigungsgrad abhängig. Z. B. Erntekosten.)

Außerdem gibt es „semivariable Kosten"

(sie beinhalten Elemente sowohl der fixen als auch der variablen Kosten. Bei den Kosten für Forstkulturen, Forstschutz und Wegeunterhaltung z. B. liegt zwar auch eine gewisse Abhängigkeit von der Produktmenge, d. h. von der Menge des produzierten Holzes vor, jedoch ist sie nicht eindeutig. Auch im Nichtwirtschaftswald sind einfache Kulturen wegen Erosions- und Forstschutz sowie einfache Wegeunterhaltungen notwendig. Ein entsprechender Anteil müßte neben Abschreibungen für die notwendigen Geräte und Maschinen zu den fixen Kosten gerechnet werden. Eine einwandfreie Trennung ist aber nicht möglich.)

Da es über die tatsächlichen Kosten je ha bzw. je fm der einzelnen Bestände keine verwendbaren statistischen Angaben gibt, wurden für die starken Linien der Abb. 1 Forstamts-Durchschnittswerte verwendet. Anhand eines Analogiemodells, in dem Stammzahlverteilungen geprüft wurden, konnte jedoch ermittelt werden, daß nach Forstamts-Durchschnittswerten gewonnenen Ergebnissen die Kostenverhältnisse der Bestände eines Forstamtes mit guter Annäherung eingeschätzt werden können (s. Kató 1970).

Um die Abhängigkeit der Kosten von der durchschnittlichen Festmeterleistung der Fichte prüfen zu können, wurden die Forstämter nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt:

a) Mindestens 60 % des Isteinschlags muß Fichtenholz sein.
b) Der Anteil der Betreuungsforsten an der reduzierten Gesamtfläche darf nicht mehr als 5 % betragen.
c) Das Forstamt darf weder eine Sonderaufgabe (z. B. Wegebausonderprogramm) wahrnehmen noch einen Nebenbetrieb (z. B. Holzhof) haben.

Nach den Wirtschaftsergebnissen der Niedersächsischen Landesforstverwaltung genügten nur 14 Forstämter diesen Voraussetzungen. Als Basisjahr wurde 1965 (noch keine Personaleinsparung) gewählt. Die Tendenzen sind aber auch für die Jahre 1960 und 1967 überprüft worden.

Die starken Tendenzlinien wurden aus der Nachweisung 9 der Wirtschaftsergebnisse: „Einnahmen und Ausgaben der Forstämter" hergeleitet. Die einmaligen Einnahmen und Ausgaben und der Aufwand für „höhere Verwaltung" blieben unberücksichtigt. Es wurden dabei fixe (Verwaltung, Steuern, Jagd, Abschreibung und Unterhaltung der Wege und sonstige Aufwendungen), variable (Kulturen, Pflegemaßnahmen, Forstschutz, Holzernte, Holzbringung) und Gesamtausgaben ermittelt, die weiterhin — vereinfachend, wenn auch nicht ganz exakt — als Kosten behandelt werden. Es ist anzunehmen, daß sich dadurch nicht die Tendenzen, sondern nur die absoluten DM-Werte ändern. Aus diesem Grunde und des jährlichen Anstiegs der Kosten wegen wurden die absoluten DM-Angaben in Abb. 1 vernachlässigt und nur Orientierungseinheiten[1]) dargestellt.

Da semivariable Kosten wie Kultur- und Forstschutzkosten zu den variablen Kosten gezählt wurden, ist es verständlich, daß die $K_v$-Kurve nicht zum 0-Punkt läuft. Die steigende Linie der fixen Kosten bringt die schlichte Tatsache zum Ausdruck, daß auch schon früher eine der Leistungsfähigkeit einigermaßen angepaßte Abstufung der fixen Kosten existierte.

Die Tendenzen der aufgrund eines Kollektivumfanges von nur 14 Forstämtern abgeleiteten starken Linien bestätigen die Ergebnisse früherer Arbeiten (s. Speidel 1960, Abb. 4 u. 5, Kroth 1969, Abb. 2 und Siebenbaum 1969).

Dem Konzept der dünn gezeichneten Linien in Abb. 1 liegt das Modell der betrieblichen Kostenpunkte (s. Speidel 1967 und 1968 und Kroth 1969) zugrunde. Vollständig ist nur das zu einer Leistungsfähigkeit von 7 fm gehörende, mit vollen dünnen Linien gezeichnete Modell abgebildet worden. In den übrigen Fällen wurden in der Darstellung die $k_v$- und e-Linien vernachlässigt und die $k_f$-Linien nur angedeutet. Der Verlauf der Linien ist genau so, wie dieses von Speidel (1967, S. 62) für den Verlauf der Gesamtkostenkurve des Modells der betrieblichen Kostenpunkte angegeben wird, als „vermutlich typisch" zu bezeichnen. Eine Bestimmung des Verlaufs stößt in der Praxis auf erhebliche Schwierigkeiten.

1) Eine Einheit entspricht 100 DM.

Abb. 1 ist also aus zwei verschiedenen Teilen zusammengesetzt. Die mit dünnen Linien gezeichneten Modelle werden weiterhin als *elastisch* bezeichnet. Bei ihnen ist von Interesse, wie sich das Kosten-Erlös-Verhältnis an Produktionsflächen bestimmter Leistungsfähigkeit mit der Produktionsmenge (Efm) verändert. Die Kurvenpunkte des stark gezeichneten Modells geben einen Zustand an, und zwar die langfristig optimal mögliche Leistungsfähigkeit bestimmter Produktionsflächen. Deshalb wird weiterhin das Modell als *starr* bezeichnet.

### Elastische Modelle in Abb. 1

Betrachtet man zunächst nur die elastischen Modelle, dann läßt sich feststellen, daß im Konzept insgesamt drei Komponenten — die Kosten (k), die Produktionsmenge in fm (x) und die Leistungsfähigkeit (l) — vorhanden sind. Letztere wird als „von Standort und Baumart" her gegebene Leistungsfähigkeit definiert. Der Unterschied zu der „von Standort und Bestand" her möglichen Leistung besteht darin, daß diese wegen unterlassener Pflegemaßnahmen, Kalamitäten, unsachgemäßer Behandlung usw. geringer sein kann als die „von Standort und Baumart" her gegebene Leistungsfähigkeit (Kapazität — Kapazitätsausnutzung !). Von der Behandlung, und damit auch von den Kosten her gesehen, ist ein Bestand, der — aus welchem Grunde auch immer — wegen seines im Bestandesleben durchschnittlichen Bestockungsgrades von 0,7 eine Massenleistung von z. B. 5 fm (z. B. unter Berücksichtigung regelmäßiger Bestockungsmängel hergeleiteter $DGZ_u$) erreicht, anders zu beurteilen als ein Bestand, der die gleiche Leistung beim Bestockungsgrad 1,0 bringt ($DGZ_u$ nach der Tafel).

Als Beispiel sei ein Fi-Revier angenommen, in welchem die von „Standort und Bestand" her mögliche Leistung der einzelnen Flächen bekannt und die sich daraus errechnete durchschnittliche Leistung je Jahr 6 fm/ha ist. Wollte man nach dem Konzept der Abb. 1 die Kosten in Abhängigkeit von der Leistung bestimmen, dann wäre das nur möglich, wenn auch die Leistungsfähigkeit (z. B. $DGZ_u$ der Ekl. bzw. Lkl. der Tafel) angegeben wird. Wollte man die durchschnittliche Leistung des Reviers drosseln und statt 6 nur 5 fm/ha produzieren, dann ließe sich die günstigste Kostengestaltung unter Berücksichtigung von flächenweise verschiedenen Variationen der Leistungsdrosselung kalkulieren.

Das Beispiel zeigt, daß in diesem Teil der Abb. 1 zwei „variable Faktoren", d. h. zwei Faktoren, die mit der Änderung der Ausbringung (Produktionsmenge, fm/ha) des Betriebes variieren können (k und l), berücksichtigt sind. Der Fortgang der Kostenbestimmung läßt sich mathematisch wie folgt formulieren:

$$k = l_k \cdot x_f$$

$l_k$ = durch die Kosten des maximalen Nutzungspunktes charakterisierte Leistungsfähigkeit

$x_f$ = durch einen Faktor — der das Verhältnis von k zu $l_k$ ausdrückt — charakterisierte Produktionsmenge.

Es handelt sich bei dem in Abb. 1 dargestellten Zusammenhang um eine Funktion: $k = f(l, x)$, in der k eine „abhängige" und l und x „unabhängige Variable" sind[2]).

Die maximalen Nutzenpunkte sind in Abb. 1 diejenigen, bei denen die unterbrochenen senkrechten Linien die k-Kurven der elastischen Modelle treffen.

2) Der Funktion mit zwei unabhängigen Variablen entspricht eine dreidimensionale Darstellung. In der Darstellung nimmt die Funktion die Form eines „Gebirges" an, das sich über der durch die beiden unabhängigen Variablen l und x repräsentierten „Grundfläche" erhebt. „Schnitte" durch dieses Gebirge, die senkrecht zur Grundfläche und parallel zu der Ordinate x liegen, geben an, wie sich die Kosten bei einer bestimmten Leistungsfähigkeit mit der Änderung der Produktionsmenge verändern. Durch „senkrechte Spiegelung" der Schnitte an der Koordinatenebene der Variablen k und x wird die dreidimensionale Darstellung in eine zweidimensionale überführt, woraus sich Abb. 1 ergibt.

Faktor und Variable sind Begriffe verschiedenen Inhalts. Da sie gelegentlich miteinander verwechselt werden, sei ihre Bedeutung am Beispiel einiger Zitate gezeigt.

Faktor: „Die Aufgabe, aus einer Summe ein Produkt zu machen, nennt man Zerlegung in Faktoren; z. B.: $a^2 + 2ab + b^2 = (a + b)(a + b)$."
(*Rechenduden* 1964)

„Bezeichnung der mitwirkenden Größen für die Erzeugung von wirtschaftlichen Gütern (Produktionsfaktoren, Elementarfaktoren)." (GABLERS Wirtschaftslexikon 1958)

Ein „wesentlicher Fortschritt kam zustande, als es gelang, Faktoren als optimale Beschreibungsdimensionen einer Mannigfaltigkeit von Korrelationen auf mathematisch-exaktem Wege herauszulösen".
(HENRYSSON u. Mitarb. 1962)

Variable: „... ist eine Größe, z. B. repräsentiert durch den Buchstaben x, die im Laufe einer Untersuchung jede Zahl aus einer gegebenen Zahlenmenge X vertreten darf."
(*Rechenduden* 1964)

„... die in einer mathematischen Funktion veränderliche Größe." (GABLERS Wirtschaftslexikon 1958)

„Mit dem Wort Variable werden allgemein diejenigen Sachverhalte, Dinge und Personen bezeichnet, die unter einem bestimmten Beobachtungsaspekt abgezählt oder gemessen, mindestens aber als groß oder klein, viel oder wenig bezeichnet werden können."
(HENRYSSON u. Mitarb. 1962)

Die Beispiele zeigen, daß „Faktor" ein komplexer, „Variable" ein anspruchsloser Begriff ist. Bei einer Variablen steht nicht zur Debatte, ob einfache oder komplexe Sachverhalte usw. dargestellt sind, sondern nur ob die Größenordnung der Sachverhalte bestimmbar und veränderlich ist. Der Satz, daß ein Faktor auch eine Variable sein kann, läßt sich nicht ohne weiteres umkehren.

Faktoren, wie z. B. die Kosten je ha sind, können unter Berücksichtigung einer Reihe von Variablen kalkuliert werden.

### Starres Modell in Abb. 1

Wenn man Produktionsflächen nach dem Ausmaß ihres Beitrags zur Kostendeckung durch ihren Ertrag beurteilen und gegebenenfalls aus der Produktion ausscheiden will, dann muß die Bedingung der maximalen Nutzenpunkte gestellt werden. Es wäre nicht sinnvoll, eine Fläche aus der Produktion nur deshalb auszuscheiden, weil der mögliche Ertrag nicht entnommen wird und deshalb die Kosten nicht gedeckt werden können. Aus diesem Grunde wurden die elastischen Modelle in Abb. 1 an das stark gezeichnete starre Modell mit ihren maximalen Nutzenpunkten geschaltet.

Im Falle einer der Abb. 1 entsprechenden Berechnung müßte also zunächst standorts- und bestandesindividuell versucht werden, durch eine Kalkulation mit frei zu gestaltenden betrieblichen Parametern, wie z. B. Baumartenwahl, Umtriebszeit, Ästung, Düngung, Wegebau, Mechanisierung usw., die maximalen Nutzenpunkte zu bestimmen. Erst dann könnte man an eine Selektion der Produktionsflächen denken.

Die Leistungsfähigkeit an einer bestimmten Produktionsfläche läßt sich durch Maßnahmen, wie z. B. Düngung, Baumartenwechsel, Be- und Entwässerungen, verändern oder kann durch Erosion, Aushagerung bei stark aufgelichteten Beständen beeinträchtigt werden. Einer der bedeutendsten Punkte ist die Baumartenwahl.

Eine Koppelung der Abb. 1 mit ähnlichen, für andere Baumarten abgeleiteten Modellen wäre möglich.

### 4. Intensitätsmäßige Anpassung und Anpassung nach dem Ertragsgesetz

Eine *intensitätsmäßige Anpassung* könnte z. B. in der Form durchgeführt werden, daß die Nutzung aller Flächen um einen

bestimmten Prozentsatz ermäßigt wird. Wurde vorher auf den Flächen eine dem maximalen Nutzenpunkt entsprechende Leistung erbracht, dann könnte man in Abb. 1 die Kosten annähernd durch eine dem Prozentsatz angepaßte Verdrehung der starken Kostenlinie bestimmen. Bei den Schnittpunkten der starken und der dünnen Linien wären die Kosten abzulesen.

Verändert man die Prozentsätze stufenweise bis zum Erreichen der Ordinatenachse der Abb. 1 und berechnet die Mittelwerte der produzierten Holzmassen und der Kosten je ha, dann ergeben die berechneten Punkte im Koordinatensystem eine Schlangenlinie. Wird das gleiche auch bei dem Erlös sowie bei den variablen und fixen Kosten durchgeführt, dann ergibt sich das in Abb. 2 dargestellte Konzept der betrieblichen Kostenpunkte.

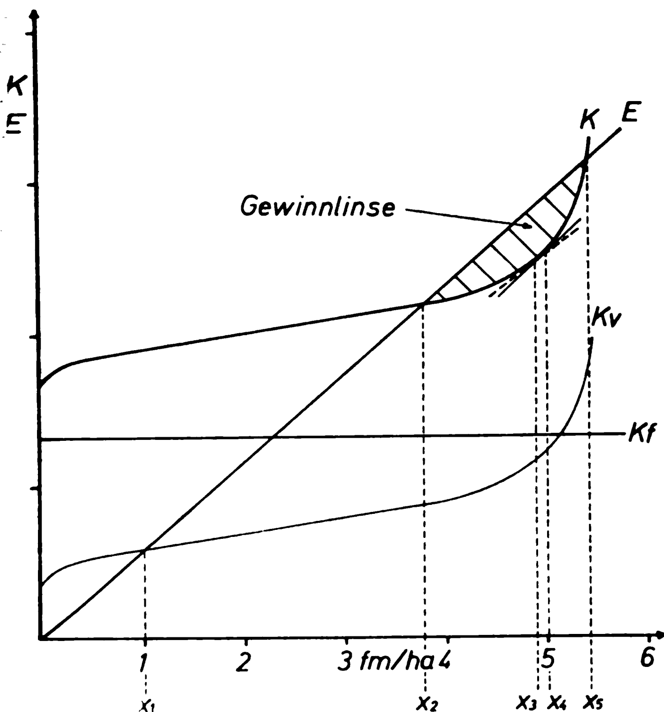



Abb. 2
Aus Abb. 1 abgeleitetes Modell der betrieblichen Kostenpunkte (Erklärung im Text)

Die Darstellung der Abb. 2 gilt für ein angenommenes Fi-Revier, in welchem die durch maximale Nutzenpunkte charakterisierte Leistungsfähigkeit der Flächen nach vollen fm von 1 bis 9 abgestuft und die einzelnen Stufen mit gleichgroßen Flächen repräsentiert sind.

Die bisher nicht genannten und in Abb. 2 benutzten Symbole bedeuten:

$x_1$ = Betriebsminimum
$x_2$ = Nutzschwelle
$x_3$ = optimaler Kostenpunkt
$x_4$ = maximaler Nutzenpunkt
$x_5$ = Nutzgrenze

Abb. 2 zeigt, daß in Abb. 1 für den Fall einer intensitätsmäßigen Anpassung — trotz vorhandener Bedenken — das Konzept der betrieblichen Kostenpunkte akzeptiert wurde. Damit wurde auch die waagerechte gerade Linie der fixen Kosten akzeptiert, obwohl anzunehmen ist, daß schon wegen der notwendigen Kompromisse bei der Verteilung der semivariablen Kosten eine gewisse Abhängigkeit von der Ausbringung vorliegt.

Da Abb. 2 auch die Forderungen einer Anpassung nach dem Ertragsgesetz erfüllt, indem die fixen Kosten konstant gehalten werden und nur die variablen Kosten sich der Ausbringungsänderung des Betriebes anpassen, liegt in diesem Fall zugleich eine *Anpassung nach dem Ertragsgesetz* vor.

Abb. 2 stellt die Zusammenhänge bei unterschiedlicher Inanspruchnahme der produktiven Faktoren im oben genannten Fi-Revier — unter der Voraussetzung, daß der Faktorbestand konstant bleibt und nur die Nutzung variiert wird — dar. Wird in einem Jahr die Einschlagsmenge herabgesetzt, etwa von 5 fm/ha auf 3 fm/ha, um die wegen Sturmschäden in anderen Revieren angefallenen größeren Mengen auszugleichen, wie dieses im Jahre 1967 in mehreren Forstämtern der Fall war, dann arbeitet der Betrieb mit Verlust, weil bei 3 fm/ha die Kosten durch den Erlös nicht mehr gedeckt werden.

Um andere Aspekte der Abb. 2 zu zeigen, sei angenommen, daß eine Ästung eingeführt wird, bei der die zusätzlichen Kosten geringer als der zusätzliche Erlös sind. Langfristig gesehen würde hierdurch die E-Linie mehr nach oben verschoben als die K-Linie, was zur Folge hat, daß die Gewinnlinse vergrößert wird. Es handelt sich also um eine lohnende Maßnahme. Nimmt man umgekehrt an, daß die Linien der Abb. 2 für ein Revier gelten, in dem die Ästung bislang eine übliche Maßnahme war, man diese zur Kostenersparnis in Zukunft aber nicht mehr durchführen will, dann würde sich langfristig gesehen die E-Linie mehr als die K-Linie nach unten verschieben. Es würde sich also um eine fragwürdige Kosteneinsparung handeln.

Das Beispiel macht deutlich, daß das Konzept der Abb. 2 nur insgesamt betrachtet werden kann, d. h. daß ein Urteil z. B. über Kosteneinsparungen erst dann möglich ist, wenn auch die Auswirkungen auf den Erlös geklärt sind. An dieser Aussage ändert die Tatsache nichts, daß auch eine Verschiebung der Kostenlinie ohne eine Auswirkung auf die Erlöslinie vorstellbar ist. Ein solcher Fall ergäbe sich z. B., wenn die Tätigkeit der Beamten, welche die Sicherung der Sozialfunktionen des Waldes betrifft, von anderer Seite mit einer bestimmten Summe abgegolten würde. Die Kosten würden sich verändern, ohne eine Änderung des Erlöses für Holz zu verursachen. Dieser Fall berührt allerdings schon eine auf die Abtrennung von Kosten, welche die mit der Holzproduktion nicht in unmittelbarem Zusammenhang stehen, gerichtete Frage. Sie soll an dieser Stelle nicht behandelt werden.

### 5. Selektive Anpassung

Bei dem Problem der Stillegung von Produktionsflächen handelt es sich *nicht um eine intensitätsmäßige, sondern um eine selektive Anpassung*. Zumindest bei den staatlichen Forstämtern ist dabei die Möglichkeit, stillgelegte Flächen abzustoßen, kaum je gegeben. Als Alternative bleibt, diese Flächen — unter Überprüfung von Zeit zu Zeit — für die Holzproduktion in Bereitschaft zu halten oder darauf zu verzichten, die Flächen aber im Betrieb zu behalten und auf ihnen im Interesse der produzierbaren Flächen bestimmte Arbeiten, wie Forstschutz, weiterhin durchzuführen. Dem Kapazitätsabbau sind damit verhältnismäßig enge Grenzen gesetzt.

GUTENBERG (1969) verneint die Möglichkeit, daß für eine selektive Anpassung eine Schlangenlinienform der Gesamtkostenkurve, wie sie z. B. in Abb. 2 vorliegt, typisch sein könne. Er schreibt: „Die Annahme, die man zu machen gezwungen ist, lautet: Der Betrieb paßt sich selektiv an, und zwar mit der Maßgabe, daß von der Beschäftigung Null bis zum Wendepunkt der Gesamtkostenkurve zunächst immer leistungsfähigere betriebliche Einheiten (technische Aggregate, Arbeitskräfte) verwandt werden; dann müssen sukzessive Arbeitskräfte und Produktionsmittel mit zunehmend geringerer Leistungsfähigkeit verwandt werden. Dieses Anordnungsprinzip des Produktionsmitteleinsatzes stellt eine Annahme dar, die bisher durch nichts bewiesen ist, auch völlig unverständlich erscheint. Jeder Betriebsleiter wird zunächst die leistungsfähigeren und dann erst die weniger leistungsfähigeren Aggregate in Betrieb nehmen. Damit ist gezeigt, daß sich ein zu-

nächst konkaver und dann konvexer Verlauf der Gesamtkostenkurve und damit ein u-förmiger Verlauf der Grenzkostenkurve aus dem Prinzip der selektiven Anpassung nicht erklären läßt."

Ersetzt man in diesem Zitat „Aggregate" durch „Baumbestände", dann liegt eine für die Forstwirtschaft gültige Fassung vor, die besagt, daß für den Fall einer selektiven Anpassung in der Forstwirtschaft das Modell der betrieblichen Kostenpunkte nicht als typisch angesehen werden kann.

Um die Zusammenhänge darstellen zu können, sei wieder das in Abschnitt 4 beschriebene Fi-Revier unterstellt, im Interesse der größeren Klarheit jedoch mit der Abweichung, daß die nach vollen fm abgestufte Leistungsfähigkeit von 1 bis 10 fm gegeben ist.

Ausgehend von den Flächen höchster Leistungsfähigkeit (10 fm) läßt sich mit Hilfe der aus Abb. 1 abgenommenen Daten kalkulieren, wie sich das Kosten-Erlös-Verhältnis gestaltet, wenn schrittweise auch die Flächen mit der jeweils nächstniedrigeren Leistungsfähigkeit in Produktion genommen werden.

Da in diesem Beispiel die Bedingung gelten soll, daß die stillgelegten Flächen nicht verkauft werden, produziert das Revier 1 fm/ha genau dann, wenn nur auf den Flächen mit 10 fm Leistungsfähigkeit Holzproduktion betrieben wird ($^1/_{10}$ der Gesamtfläche). Bei voller Ausnutzung der durch die maximalen Nutzenpunkte gegebenen Möglichkeiten ist die durchschnittliche Holzproduktion des Reviers 5,5 fm/ha.

In Abb. 3 sind die Ergebnisse verschiedener Kalkulationen, die nach bestimmten Annahmen durchgeführt wurden, dargestellt. Die mit $^1/_1$ bezeichnete Kurve gilt für den Fall, daß die volle Betriebsbereitschaft bei den „stillgelegten Flächen" erhalten bleiben soll. Als „Stillstandskosten" gelten in diesem Fall die Schnittpunkte der Schlangenlinien mit der Ordinatenachse der Abb. 1.

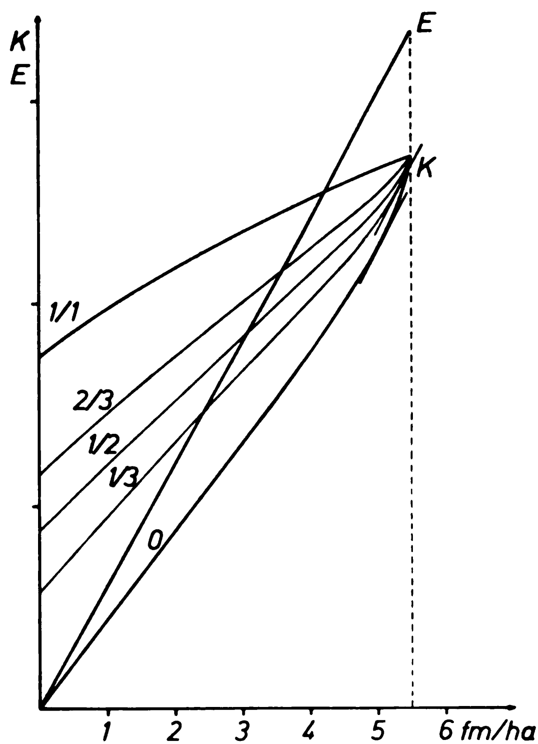



Abb. 3
Aus Abb. 1 abgeleitetes Modell der selektiven Anpassung (Erklärung im Text)

Die Kurvenpunkte sind nach folgender Formel berechnet worden:

$$K_i = \frac{\Sigma K'_{a\ldots10} + \Sigma K''_{1\ldots(a-1)}}{10}$$

$K_i$ = Kosten je ha bei einer Produktion von ifm/ha

$K'$ = Kosten beim maximalen Nutzenpunkt einer bestimmten Leistungsfähigkeit

$K''$ = Stillstandskosten bei einer bestimmten Leistungsfähigkeit

$a\ldots10$ = Die in Produktion genommenen Flächen mit der Leistungsfähigkeit von a bis 10 fm/ha

$1\ldots(a-1)$ = Die nicht in Produktion genommenen Flächen mit der Leistungsfähigkeit von 1 bis (a-1) fm/ha

$i = \frac{a\ldots10}{10}$

Wurden z. B. die Flächen mit der Leistungsfähigkeit von 8, 9 und 10 fm in Produktion genommen, dann ist

$i = \frac{8+9+10}{10} = 2{,}7$ fm und $K_{2,7}$ an der $^1/_1$-Kurve

$$K_{2,7} = \frac{K'_8+K'_9+K'_{10}+K''_1+K''_2+K''_3+K''_4+K''_5+K''_6+K''_7}{10} = 2{,}31 \text{ Einheiten}$$

Die Linie $^1/_1$ führt zu einer sinngemäß gleichen Aussage wie das auf einen Betrieb als Einheit bezogene Konzept der betrieblichen Kostenpunkte. Wenn sich also die Ausbringung des Betriebes von der des maximalen Nutzenpunktes entfernt, dann gestaltet sich das Kosten-Erlös-Verhältnis ungünstiger. Der maximale Nutzenpunkt der Linie $^1/_1$ liegt bei 5,5 fm.

Die mit 0 bezeichnete Kurve gilt für den utopischen Fall, daß es möglich ist, an den „stillgelegten Flächen" langfristig auf jegliche Tätigkeit zu verzichten und so die gesamten Kosten einzusparen. $K''$ wäre also gleich 0.

Bei der Kurve $^1/_1$ handelt es sich in erster Linie um die Frage der Kapazitätsausnutzung, bei der Kurve 0 dagegen in erster Linie um die der Kapazitätsänderung. Alle Kosten vollständig einzusparen, ist nur dann möglich, wenn alle Konsequenzen der Stilllegung im Bereich der Arbeits- und Anlagekapazität gezogen werden.

Mit der Änderung der Kapazität ist eine Verschiebung des maximalen Nutzenpunktes verbunden. An der Kurve 0 liegt er bei etwa 5,1 fm. Er ist von dem Schnittpunkt der Linien E und K der Abb. 1 abhängig. Nach beiden Abbildungen gelangt man zu folgender Aussage: Das Kosten-Erlös-Verhältnis ist dann am günstigsten, wenn die Flächen, bei denen der Erlös die Gesamtkosten nicht deckt, stillgelegt werden. In unserem Beispiel handelt es sich um die Flächen, deren maximale Nutzenpunkte bei 1, 2 und 3 fm liegen.

Da der Fall der Kurve 0 aus verschiedenen Gründen nicht zu verwirklichen ist, wurden noch die Annahmen gemacht, daß sich die für den Fall der Kurve $^1/_1$ geltenden „Stillstandskosten" um $^1/_3$, $^1/_2$ und $^2/_3$ ermäßigen lassen. Die entsprechenden Kurven sind mit $^2/_3$, $^1/_2$ und $^1/_3$ bezeichnet. Die maximalen Nutzenpunkte dieser Linien liegen bei 5,50, 5,45 und 5,30 fm. Das bedeutet, daß es sich erst dann lohnen würde, die Flächen mit der geringsten Leistungsfähigkeit (max. Nutzenpunkt bei 1 fm) stillzulegen, wenn es möglich wäre, die genannten „Stillstandskosten" an diesen Flächen um $^2/_3$ zu senken.

Die „Stillstandskosten" um $^2/_3$ zu senken, scheint dem Verfasser fast genau so utopisch zu sein wie die Annahme der Kurve 0. Die Flächen mit so geringer Leistungsfähigkeit werden in der Regel schon längst als Nichtwirtschaftswald behandelt. Außerdem ist bei Aufrechterhaltung der Schutz- und Erholungsfunktion, normaler Durchführung des Forstschutzes, Primitivkulturen, geringer Wegedichte usw. eine so hohe Einsparung bei Flächen, deren Bedeutung für die Holzproduktion wegen ihrer Leistungsfähigkeit auch bisher gering war, kaum zu verwirklichen. Utopisch ist die Annahme auch deshalb, weil die Frage, ob es möglich ist $^2/_3$ einzusparen, nur dann beantwortet werden könnte, wenn bekannt wäre, wie hoch die „Stillstandskosten" sind.

Die Kurven der Abb. 3 bestätigen weitgehend die von GUTENBERG oben zitierte Aussage. Die Linien zeigen keine typischen Schlangenlinienformen.

### 6. Diskussion

Nach dem Ausmaß der Kostendeckung durch den Erlös können nach Abb. 1 drei verschiedene „Kostendeckungs-Stufen = KS"[3]) gebildet werden.

KS I: Rechts vom Schnittpunkt der Linien E und K.
In diesem Bereich werden die gesamten Kosten durch den Erlös gedeckt und ein Gewinn wird erzielt.

KS II: Zwischen den Schnittpunkten der Linien E und $K_v$ und der Linien E und K.
In diesem Bereich werden die variablen Kosten voll und die fixen Kosten zum Teil durch den Erlös gedeckt.

KS III: Links vom Schnittpunkt der Linien E und $K_v$.
In diesem Bereich werden nicht einmal die variablen Kosten durch den Erlös gedeckt.

Obwohl die Produktionsflächen, die sich in den Bereichen KS II und KS III befinden, mit Verlust bewirtschaftet werden, kann — wie gezeigt — nicht ohne weiteres gefolgert werden, daß diese Flächen entweder in KS I zu überführen oder stillzulegen sind. Nur im Falle der hier als utopisch bezeichneten Kurve 0 der Abb. 3 wäre dies richtig. Auch um die notwendige Stillegung der Flächen der KS III begründen zu können, müssen — wie im Abschnitt 5 gezeigt wurde — nach der Aussage der Abb. 1 Annahmen gemacht werden, die sehr unwahrscheinlich sind. Es fehlt ja aber bisher auch der Maßstab, nach dem die „Stillstandskosten" bestimmt oder beurteilt werden könnten.

Die Frage, warum die aus Abb. 1 abgeleitete Aussage zutreffend sein könnte, läßt sich beantworten: Dem Kapazitätsabbau eines Forstbetriebes und der mit ihm verbundenen Kostensenkung sind aus verschiedenen Gründen Grenzen gesetzt, die es nicht erlauben, eine Entscheidung über eine Fläche rein nach der Kostendeckung, also ohne Berücksichtigung der Kapazitätsausnutzung im ganzen Forstbetrieb, zu treffen.

Selbstverständlich bedeutet dies nicht, daß der Versuch, die forstwirtschaftlichen Produktionsflächen nach dem Merkmal der feststellbaren Kostendeckung zu ordnen, die Mühe nicht lohnte. Erst wenn die Kosten-Erlös-Verhältnisse bestimmter Produktionsflächen ausreichend genau erfaßt sind, können Rationalisierungsmaßnahmen beurteilt werden.

Modelle werden häufig mit einer gewissen Skepsis beurteilt, obwohl in der forstlichen Praxis mehrere — z. B. Ertragstafeln, Massentafeln, Sortentafeln, Normalwaldmodelle — mit Erfolg verwandt werden. Die Skepsis ist wohl damit zu erklären, daß die Aussagefähigkeit verwendeter Modelle häufig nicht abgegrenzt wird. Deshalb seien hier abschließend die wichtigsten Merkmale des als Abb. 1 dargestellten Modells hervorgehoben. Von Abb. 1 ist die Aussagefähigkeit der Abbildungen 2 und 3 abhängig, deshalb kann auf die Erörterung der Merkmale dieser Abbildungen verzichtet werden.

Die Merkmale werden in Anlehnung an HEINEN (1970), der einer der bekanntesten Vertreter der modernen „entscheidungsorientierten Betriebswirtschaftslehre" ist, beschrieben. Auf den kürzlich erschienenen Aufsatz BURGERS (1971) wird wegen des von ihm sehr weit gefaßten Modellbegriffes kein Bezug genommen.

Nach HEINEN ist die synonyme Verwendung der Begriffe „Modell" und „Theorie" charakteristisch für den wissenschaftlichen Sprachgebrauch der Betriebswirtschaftslehre. Bei den in Abb. 1 dargestellten Zusammenhängen handelt es sich um eine Theorie.

3) Der Ausdruck wird bewußt in Abweichung von der in letzter Zeit häufiger verwendeten und nach aller Erfahrung sehr mißverständlichen Bezeichnung „Intensitäts-Stufen" gebraucht.

Ein logisch widerspruchsfreies System kann erst dann den Rang einer Theorie beanspruchen, wenn eine Verbindung zum tatsächlichen Geschehen hergestellt ist. Dieser Bezug zur Realität ist gegeben, wenn über die Definition der in der Theorie enthaltenen Begriffe sichtbar gemacht wird, welche Gegenstände und Beziehungen der Wirklichkeit das Aussagesystem erfassen soll. Der Bezug der Abb. 1 zur Realität ist durch die im Abschnitt 3 vorhandene Definition der im Modell enthaltenen Begriffe gegeben.

Die wichtigsten Merkmale des Modells sind:

1. Es ist ein *Erklärungsmodell*, weil mit seiner Hilfe die Auswirkungen alternativ möglicher Entscheidungen erklärt und prognostiziert werden.
2. Es ist ein *mathematisch-formales* Modell, weil die Elemente in ihm durch Zahlen und Einheiten als Symbole dargestellt sind.
3. Es ist ein *Partialmodell*, weil in ihm lediglich ein Teilbereich des betriebswirtschaftlichen Entscheidungsfeldes erfaßt ist. Nur die Abhängigkeit der Kosten und Erlöse der Baumart Fichte von der Festmeterleistung wird vom Modell erfaßt. Viele andere Merkmale, wie andere Baumarten, Holzqualität, Marktlage usw., bleiben unberücksichtigt.
4. Es ist ein *stochastisches* Modell, weil keine vollkommenen Informationen hinsichtlich der Konsequenzen der Entscheidungen vorliegen, sondern für die möglichen Werte der Kosten und Erlöse ein Verteilungsnetz, das die relative Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit) der einzelnen Werte beschreibt, gilt. Die Ergebnisse der Modellanalyse können deshalb nur als wahrscheinlich gelten.
5. Es ist ein *statisches* Modell, weil in ihm der Zeitablauf unberücksichtigt bleibt.
6. Es ist ein *generell-bestimmendes* Modell, weil in ihm nur allgemeine Aussagen über Tendenzen und Veränderungsarten enthalten sind. Obwohl die Tendenzen der mittels der Daten von 14 Forstämtern abgeleiteten Linien durch die Ergebnisse anderer Arbeiten unterstützt werden, reicht das Grundlagenmaterial nicht aus, um die Allgemeingültigkeit der Linien behaupten zu können. Die dünn gezeichneten Linien sind schon aus dem Grund hypothetische Linien, weil die Kurvenform des zugrundegelegten Modells der betrieblichen Kostenpunkte selbst hypothetisch ist. Es wird also unterstellt, daß die Linien zutreffend sind. Deshalb können z. B. die Kosten in konkreten Fällen nicht nach diesen Linien ermittelt werden.

Die „multivariable Erklärungsfunktion" des Modells, welche die Kostenermittlung betrifft, lautet: $k = f(l, x)$. Die unabhängigen Variablen l und x werden als „Aktionsparameter" oder „Instrumentalvariable" bezeichnet und geben die im Modell erfaßten Entscheidungstatbestände wieder. Sie bringen die zur Verfügung stehenden Handlungsmöglichkeiten (Alternativen) zum Ausdruck. Eine Alternative ist eine bestimmte zulässige Ordnung von Werten der Aktionsparameter. Die abhängige Variable k ist die sogenannte „Erwartungsvariable".

Aufgabe der betriebswirtschaftlichen Forschung ist es, den Verlauf multivariabler Erklärungsfunktionen zu ergründen. Sie bedient sich dabei der *analytischen* und der *synthetischen* Methode.

Bei der analytischen Methode wird nur ein Aktionsparameter variiert, während alle übrigen konstant gehalten werden. Die geltenden „monovariablen Funktionen" sind:

$$k = f_l(l, \overline{x}) \text{ und } k = f_x(x, \overline{l})$$

Der Querstrich über den Aktionsparametern deutet an, daß sie konstant gehalten werden.

Der analytischen Methode entsprechend wurde Abb. 2 aus Abb. 1 abgeleitet. Die geltende Funktion ist:

$$K = f_x(x, \overline{l_D})$$

$l_D$ = durchschnittliche Leistungsfähigkeit der Flächen des Fi-Reviers.

Die synthetische Methode ist dadurch gekennzeichnet, daß die Bedingung der Konstanz einzelner Aktionsparameter nicht eingehalten ist. Veränderungen des Aktionsparameters x veranlassen eine Änderung des Aktionsparameters l. Folgende Gleichung gilt:

$$K = f\ (x^X, l^K)$$

Das hochgestellte „X" deutet die primäre Änderung des Aktionsparameters an. Hochgestelltes „K" drückt aus, daß der Aktionsparameter Sekundärvariationen verursacht. Die Erwartung über die Sekundärvariation läßt sich durch folgende Funktion wiedergeben:

$$l = g\ (x)$$

Diese Funktion deutet die aufgrund der Primärvariation von x zu erwartende Sekundärvariation von l an. Unter Berücksichtigung dieser Funktion geht die Gleichung der synthetischen Methode in eine monovariable Funktion über:

$$k = f\ [x, g(x)] \text{ oder } k = f\ (x)$$

Obwohl die stark gezeichneten Linien der Abb. 1 nach den Daten der 14 Forstämter bestimmt wurden, entsprechen sie im Modell einer nach dem Prinzip der synthetischen Methode durchgeführten Ableitung. Die geltende Funktion ist:

$$K = f\ (x^X, l_M^K)$$

$l_M$ = von der Leistungsfähigkeit abhängige maximale Nutzenpunkte.

Die beschriebenen Zusammenhänge gelten auch sinngemäß für die Ermittlung der Erlöse.

Die Aussagefähigkeit eines Modells ist von seinen Merkmalen und von der Genauigkeit der verwendeten Daten abhängig. Es ergibt sich daraus, daß die in dieser Arbeit abgeleiteten Aussagen nur als Ergebnisse eines Versuches, bei dem die Zusammenhänge des Problems der betrieblichen Anpassung in der Forstwirtschaft geklärt werden sollten, gewertet werden können.

## Zusammenfassung

Da in letzter Zeit häufig von einer „Stillegung" forstlicher Produktionsflächen die Rede ist, wurde anhand eines Modells versucht, das Problem der betrieblichen Anpassung in der Forstwirtschaft zu klären.

Im Gegensatz zur „intensitätsmäßigen Anpassung" und zur „Anpassung nach dem Ertragsgesetz", wobei eine Ausscheidung einzelner Flächen aus der Produktion nicht in Frage kommt, wird in Anlehnung an Gutenberg die „selektive Anpassung" als die für das Problem der „Stillegung" von forstlichen Produktionsflächen geeignete Anpassungsform beschrieben.

Die Diskussion der dargestellten Zusammenhänge führte zu der Folgerung, daß dem Kapazitätsabbau eines Forstbetriebes aus verschiedenen Gründen Grenzen gesetzt sind, die es nicht erlauben, eine Entscheidung über eine Fläche rein nach dem Kosten-Erlös-Verhältnis, also ohne Berücksichtigung der Kapazitätsausnutzung im ganzen Forstbetrieb, zu treffen.

Am Ende dieses, Herrn Prof. Dr. D. Mülder zum 65. Geburtstag gewidmeten, Aufsatzes sei zu den Empfehlungen, die die „Stillegung" forstlicher Produktionsflächen und die Einführung von „Intensitätsstufen" betreffen, zusammenfassend mit seinen vor 20 Jahren geschriebenen Worten (Mülder 1951) wie folgt Stellung genommen.

„Zu der Schwierigkeit der Forschung, dort Fortschritte zu erzielen, wo die Langfristigkeit forstlicher Produktionszeiten hineinspielt, dürften andere angewandte Wissenschaften kaum Parallelen aufweisen. Daher ist es eine spezifisch forstliche Gefahr, daß schon Empfehlungen an die Praxis gelangen, bevor die letzte wissenschaftliche Reife, einschließlich der Meßbarkeit des Effektes, erreicht ist."

„Die Forstwissenschaft ist gewiß ebenso kritisch wie andere. Sie hat aber der geschilderten Eigenart des Forstwesens durch besondere Vorsicht Rechnung zu tragen. Aus ihrer Kenntnis der betriebstechnischen Zusammenhänge hat die Praxis vorzurechnen, welchen Aufwand eine von ihr verlangte Maßnahme erfordert. Solange ein entsprechender Nutzeffekt nicht wenigstens wahrscheinlich gemacht werden kann, muß man sich auf Versuchsbestände und Versuchsreviere beschränken."

## Summary

Title of the paper: *Intensity classes or selective adaptation as managment reactions in forestry.*

Recently more common talks about freezing producing forest land have stimulated model testing of means to adapt forest estate management. Intensity-directed and net-return-guided crieria for the exclusion of areas from the productive land are compared with „selective adaptation" as a more suitable form. Capacity reduction is limited by many considerations concerning the whole business and not only by cost/return relationships.

Proposals to introduce intensity classes and to freeze producing lands are countered by quoting Muelder (1951): "The long-term nature of the forestry business poses unique difficulties to forestry science. The danger is that proposals are made to forestry practice before procedures are mature and their effects controllable. Forestry science is as critical as others, but must be even more cautious. Forestry practice will have to quantify the results of suggested measures. If this is not yet possible, application must be restricted to sample stands or experimental forests." The paper is dedicated to Professor Dr. Muelder at this 65th birthday.

E. F. B.

## Résumé

Titre de l'article: *«L'adaptation par degrés d'intensité» et l'«adaptation sélective», deux formes de l'adaptation des entreprises en économie forestière.*

Comme ces derniers temps il fut fréquemment question de «mise hors production» de parcelles forestières, on a cherché à éclaircir, à l'aide d'un modèle, le problème de l'adaptation des entreprises en économie forestière.

En opposition à «l'adaptatiton par degrés d'intensité» ou à «l'adaptation suivant les lois de la production» pour lesquelles il n'est pas question d'éliminer quelques parcelles de la production, on a décrit, en suivant Gutenberg, «l'adaptation sélective» qui paraît la mieux appropriée au problème de la «mise hors production».

La discussion des relations établies conduit à la conclusion qu'une réduction de la capacité d'une exploitation forestière a des limites tenant à différents motifs; il n'est pas possible de prendre une décision relative à une parcelle simplement d'après le rapport coûts-revenus, sans prendre en considération la capacité d'exploitation de l'ensemble de l'entreprise forestière.

A la fin de cet article dédié à M. le Prof. Dr. D. Mulder à l'occasion de son 65ème anniversaire, qu'il soit remarqué que la «mise hors production» de parcelles forestières et l'introduction de la notion de «niveaux d'intensité» rejoint la position qu'il a prise dans une communication écrite il y a 20 ans (Mulder 1951).

«Bien peu de sciences appliquées peuvent être mises en parallèle avec les recherches forestières quant aux difficultés qu'elles ont de conduire à un progrès, compte tenu du fait que la production forestière est à long terme. C'est donc un danger spécial aux questions forestières que d'être amené à donner des conseils aux praticiens avant que les résultats scientifiques ne soient complètement assurés, notamment avant que n'aient été chiffrés les effets des mesures recommandées.

«Certes les sciences forestières sont aussi ‹critiques› que les autres sciences. Mais compte tenu des particularités des questions forestières qui ont été décrites, il convient de faire preuve d'une extrême prudence. Connaissant les liaisons existant avec les techniques de gestion, il faut, en pratique forestière, estimer avec ques de gestion, il faut, en pratique forestière, estimer avec exactitude le coût d'une intervention souhaitée. Tant que l'on ne sera pas assuré qu'une intervention aura, au moins vraisemblablement, un effet utile, il conviendra de limiter son application aux forêts et aux peuplements expérimentaux.» J. M.

### Literaturhinweise

BURGER, D., 1971: Modell und Wirklichkeit in der forstlichen Betriebswirtschaftslehre. Der Forst- und Holzwirt, Nr. 10, S. 197. — Dr. GABLERS Wirtschaftslexikon, 1958: Wirtschafts-Lexikon 2. Aufl., Wiesbaden. Herausgegeben von Dr. R. SELLIEN und Dr. H. SELLIEN. — GUTENBERG, E., 1969: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. 1. Bd., 16. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York. — HEINEN, E., 1970: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. 3. Aufl., Wiesbaden. — HENRYSSON, HASELOFF, HOFFMANN, 1960: Kleines Lehrbuch der Statistik. Berlin. — KATÓ, F., 1970: Ist das Modell der „Intensitätsstufen" ausreichend praxisreif? Allgem. Forstzeitschrift Nr. 14, S. 291. — KROTH, W., 1969: Die Kosten-/Ertrags-Analyse. Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 27, S. 544. — MEYERS Großer Rechenduden, 1964: Großer Rechenduden, 1. Bd., Mannheim. — MÜLDER, D., 1951: Verlustquellen. Betrachtung des laufenden technischen Betriebes der Forstämter. Forstarchiv, S. 171. — SILBENBAUM, H., 1969: Sind die Warnungen Professor Dr. Mülders nicht doch berechtigt? Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 40, S. 772. — SPEIDEL, G., 1960: Der Einfluß der Einschlagshöhe auf die Kosten im Forstbetrieb. Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 46, S. 649. — SPEIDEL, G., 1967: Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Hamburg-Berlin. — SPEIDEL, G., 1968: Die Messung der Intensität im Forstbetrieb. In: Möglichkeiten optimaler Betriebsgestaltung in der Forstwirtschaft. München-Basel-Wien, S. 209.

# Die Nachhaltigkeit

**– Formen und Voraussetzungen des forstlichen Grundgesetzes –**

**Herrn Professor Dr. D. Mülder zum 65. Geburtstag gewidmet**

Von G. SPEIDEL, Freiburg i. Br.

### 1. Der Begriff „Nachhaltigkeit"

Das Prinzip der Nachhaltigkeit wurde als Grundlage für eine geregelte und leistungsfähige Forstwirtschaft zu Beginn des 18. Jahrhunderts in Deutschland entwickelt. Der Gedanke der Nachhaltigkeit wurde zwar schon im 16. Jahrhundert in einer kursächsischen Forstordnung formuliert (RICHTER 1963, S. 39), aber der Ausdruck „nachhaltend" wurde offensichtlich zum ersten Male von H. VON CARLOWITZ im Jahre 1713 (S. 105 f.) verwendet: „Wird derhalben die größte Kunst, Wissenschaft, Fleiß und Einrichtung hiesiger Lande darinnen beruhen, wie eine sothane Conservation und Anbau des Holzes anzustellen, daß eine continuierliche, beständige und nachhaltende Nutzung gebe; weilen es eine unentbehrliche Sache ist, ohne welche das Land in seinem Esse (= Wesen, Dasein) nicht bleiben mag".

Das Prinzip der Nachhaltigkeit wurde im Verlauf des 18. und 19. Jahrhundert besonders von J. G. BECKMANN (1759), OETTELT (1768), STAHL (1773), G. L. HARTIG (1804) und C. HEYER (1841) weiterentwickelt. Es war der Schlüssel für den Wiederaufbau der zerstörten und übernutzten Wälder Mitteleuropas und für die Beseitigung der „Holznot", die sich in erheblichen Versorgungsschwierigkeiten der Haushalte und Kleinindustrien äußerte. Ausgehend von Deutschland ist das Nachhaltsprinzip in allen Teilen der Welt als Grundlage einer geordneten Forstwirtschaft anerkannt und angewendet worden.

Nachhaltigkeit ist zunächst ein neutraler Zeitbegriff (RICHTER 1963, S. 39, WAGNER 1928, S. 65, ZÜRCHER 1965), dessen Bedeutung etwa mit Fortdauer, Beständigkeit, Wiederkehr, Stetigkeit, Kontinuität oder ununterbrochener Wirkung umschrieben werden kann. Eine konkrete Aussage ist demnach erst möglich, wenn das Objekt der Nachhaltigkeit angegeben wird (BAADER 1933, SAARI 1950, JOHNSTON et al. 1967, S. 342, RICHTER 1963, S. 39 ff., ZÜRCHER 1965). Fortdauer, Beständigkeit oder Kontinuität können sich auf einen Zustand (Fläche, Holzvorrat, natürliche Hilfsquellen, Umwelt) oder auf Leistungen und Wirkungen (Erträge, Bodenschutz) beziehen. Der Begriff Nachhaltigkeit wird für die ökonomische Planung im Forstbetrieb erst operational, wenn der Inhalt dieser Zustände bzw. Leistungen angegeben ist, für welche die Kontinuität gefordert wird. Das nachfolgende Schema enthält einige Beispiele für mögliche Formen der Nachhaltigkeit; dabei soll die Kontinuität eines Zustandes als *statische Nachhaltigkeit*, die Fortdauer einer Leistung dagegen als *dynamische Nachhaltigkeit* bezeichnet werden (SPEIDEL 1967, S. 170 f.).

*Nachhaltigkeit*

| *Statische Nachhaltigkeit* | *Dynamische Nachhaltigkeit* |
|---|---|
| (= Fortdauer eines Zustandes) | (= Fortdauer einer Leistung) |
| 1. Waldfläche (Flächennachhaltigkeit) | 1. Zuwachs (Nachhaltigkeit der Holzerzeugung) |
| 2. Natürliche Hilfsquellen (waldbiologische Nachhaltigkeit) | 2. Holzerträge a) Masse b) Qualität |
| 3. Holzvorrat (Vorratsnachhaltigkeit) | 3. Gelderträge a) Roherträge b) Reinerträge |
| 4. Wert des Holzvorrats (Wertnachhaltigkeit) | 4. Rentabilität |
| 5. Betriebsvermögen (Substanzerhaltung) | 5. Wertschöpfung |
| 6. Kapital (Kapitalerhaltung) | 6. Erfolgskapital (diskontierte Reinerträge) |
| 7. Arbeitskräfte | 7. Arbeitsleistung |
| | 8. Infrastrukturleistungen a) Wasserlieferung b) Schutzwirkung c) Erholungsleistung |
| | 9. Vielfachnutzung (multiple use) (insbesondere Holzerträge und Infrastrukturleistungen) |

Die Formen statischer Nachhaltigkeit sind im allgemeinen Voraussetzung für bestimmte Formen der dynamischen Nachhaltigkeit. So ist beispielsweise die Vorratsnachhaltigkeit Voraussetzung für die Nachhaltigkeit der Holzerträge, ähnlich wie die Flächennachhaltigkeit bzw. die biologische Nachhaltigkeit Grundlage für die Nachhaltigkeit der Schutzwirkungen bzw. der Infrastrukturleistungen sind. Da eine dynamische Form der Nachhaltigkeit in der Regel eine statische Form impliziert, kann die Definition der Nachhaltigkeit auf die dynamischen Formen ausgerichtet werden:

Als „Nachhaltigkeit" soll die Fähigkeit des Forstbetriebes bezeichnet werden, dauernd und optimal Holznutzungen, Infrastrukturleistungen und sonstige Güter zum Nutzen der gegen-

wärtigen und künftiger Generationen hervorzubringen. Danach sind diejenigen Handlungen und Leistungen „nachhaltig", die dem Forstbetrieb diese Fähigkeit verschaffen und/oder erhalten.

Die in dieser Definition der Nachhaltigkeit verwendeten Begriffe „dauernd" und „optimal" bedürfen einer Erläuterung. „Dauernd" soll in diesem Zusammenhang stetig, fortlaufend, regelmäßig, kontinuierlich oder ununterbrochen heißen. Mit dem Ausdruck dauernd ist bereits angedeutet, daß die Leistungen auch in Zukunft, und zwar ohne zeitliche Begrenzung erbracht werden sollen. Dauernd kann im Sinne von „ununterbrochen" auch heißen, daß die Leistungen (z. B. Schutzwirkung, Erholungsleistung) in jedem beliebigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen sollen. Im Zusammenhang mit der Holzproduktion bedeutet dauernd jedoch nicht zwingend, daß jährlich gleiche Mengen und Sorten genutzt werden sollen. Die Schwankungen der Holznutzung sind unvermeidbar und teilweise sogar erwünscht, um das Holzangebot den Änderungen der Nachfrage und den Preistendenzen anpassen zu können. Auch die waldbaulichen Verhältnisse, z. B. die Naturverjüngung von Holzarten mit seltenen Mastjahren, oder die Schäden durch Wind, Schnee und Insekten oder die Veränderungen der Arbeitskapazität erfordern jährlich unterschiedliche Nutzungsmengen.

„Optimal" soll zunächst bedeuten, daß die vom Betrieb hervorzubringenden Leistungen nach Art, Güte und Menge dem Rahmen der Zielsetzung entsprechen. Damit wird jedoch keine vollständige Zielerreichung im strengen Sinne gefordert; abgesehen von einigen genau fixierten Auflagen, wie z. B. Erosionsschutz oder Liquidität, die stets erreicht sein müssen, sollen die Leistungen in der Tendenz und Größenordnung den Zielen nahe kommen. Ferner bedeutet „optimal" in diesem Zusammenhang eine Leistungserstellung nach dem ökonomischen Prinzip; demnach soll ohne Forderung einer bestimmten Höhe der Leistungen, d. h. unabhängig von Gleichmaß oder Höchstmaß, das günstigste Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen angestrebt werden.

## 2. Formen der Nachhaltigkeit in der Praxis

Je nach Wirtschaftsziel und herrschender Wirtschaftstheorie sind im Verlauf der Geschichte unterschiedliche Formen der Nachhaltigkeit bei der praktischen Forsteinrichtungsplanung angewendet worden[1]).

1. Bis zur ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ist vor allem die *Nachhaltigkeit der Holzerträge* in der klassischen Formulierung von G. L. Hartig (1804, S. 1) angestrebt worden[2]): „Es läßt sich keine dauerhafte Forstwirtschaft denken und erwarten, wenn die Holzabgabe aus den Wäldern nicht auf Nachhaltigkeit berechnet ist ... Jede weise Forstdirektion muß daher die Waldungen ... taxieren lassen, und sie zwar so hoch als möglich, doch so zu benützen suchen, daß die Nachkommenschaft wenigstens ebenso viel Vorteil daraus ziehen kann, als sich die jetzt lebende Generation zueignet".

Während zunächst unter Nachhaltigkeit der Holzerträge nur die Kontinuität verstanden wurde, erfuhr der Begriff unter dem Einfluß der um Gleichgewicht besorgten neoklassischen Wirtschaftstheorie und unter dem Einfluß der Normalwaldtheorie (Richter 1963, S. 40) eine Änderung; für die strenge Nachhaltigkeit wurde zusätzlich zu der Kontinuität auch noch Gleichmaß der Holzerträge gefordert[3]). Die Forderung nach konstanter Höhe der Holznutzungen kann theoretisch nur mit einer „Normalisierung" des Altersklassenverhältnisses in Planungszeiträumen von bis zu 200 Jahren erreicht werden. Diese Vorstellung, bei der das Modell des Normalwaldes dem idealen Wald gleichgesetzt wurde, war nicht zu verwirklichen und hat zu Mißverständnissen und zahlreichen Schwierigkeiten der Forsteinrichtung geführt.

2. Von C. Heyer (1841) und Judeich wurde die *Nachhaltigkeit der Holzerzeugung* in die Forsteinrichtung eingeführt: „Ein Wald wird nachhaltig bewirtschaftet, wenn man für die Wiederverjüngung aller abgetriebenen Bestände sorgt, so daß dadurch der Boden der Holzzucht gewidmet bleibt" (Judeich 1871, S. 3). Auf dauernde hohe Holzerträge wird dabei verzichtet; jeder Bestand sollte im Zeitpunkt der Kulmination des Bodenreinertrages genutzt werden. Mit Judeich's Auffassung von der Nachhaltigkeit wurde die Ganzheit des Waldes in dessen Einzelbestände aufgelöst (Richter 1963, S. 41). Saari (1950) hält daher zu Recht die Nachhaltigkeit der Holzerzeugung als Grundlage einer wirklichkeitsnahen forstlichen Planung für nicht geeignet, zumal die Forderung bestimmter Holzerträge und angemessener Liquidität nicht erhoben wird.

3. Die *Nachhaltigkeit der Gelderträge* fordert dauernde, möglichst gleichmäßige und hohe Gewinne. Da die jährlichen Holznutzungen nach Volumen und Wert wegen unvorhersehbarer Ereignisse und wegen Preisschwankungen nicht konstant sein können, wird der Ausgleich durch die Anlage eines „Kapital-Reservefonds" (Ostwald 1931) oder Geldreservefonds angestrebt. Dem Geldreservefonds werden bei Übernutzungen entsprechende Beträge zugeführt und bei Mindernutzungen zur Ergänzung der Rente wieder entnommen. Sachvermögen in Form der Holzbestände ist bei der Nachhaltigkeit der Gelderträge grundsätzlich austauschbar gegen das Geldvermögen des Reservefonds. Während die Liquiditätsforderung stark betont ist, werden die Voraussetzungen der Holzerträge, die Wiederaufforstung und die Produktionssicherheit vernachlässigt.

4. Als Grundlage der praktischen Forsteinrichtungsplanung wird auch die *Vorratsnachhaltigkeit* angewendet, bei der der Vorrat konstant gehalten wird. Diese Form der Nachhaltigkeit bedeutet ein Gleichgewicht von Holzeinschlag und Zuwachs[4]). Allerdings ist nicht auszuschließen, daß bei einem anderen Vorrat der Zuwachs und damit die Einschlagsmöglichkeit noch höher wäre. Saari (1950) hält die Vorratsnachhaltigkeit deshalb nur für gerechtfertigt, wenn der tatsächliche Holzvorrat dem „idealen" Vorrat entspricht. Dabei ist jedoch zu bedenken, daß nicht die absolute Höhe des Vorrats allein, sondern erst in Verbindung mit der Stärken- und Gütegliederung etwas über seine Leistungsfähigkeit aussagen können. Von Arnswaldt (1935) hat das Verdienst, mit der Forderung nach Wertnachhaltigkeit auf diese Zusammenhänge hingewiesen zu haben. Bei der Vorratsnachhaltigkeit ist es nicht ausgeschlossen, daß die Forderungen nach höchster Standortsleistungsfähigkeit, Verbesserung der Relation Einschlag/Zuwachs und angemessener Liquidität ungenügend beachtet werden.

5. Seit langer Zeit wurde in der Praxis auch die *Nachhaltigkeit der Schutzwirkungen* angewendet. Zahlreiche gesetzliche Bestim-

1) Über Inhalt und Bedeutungswandel des Prinzips der Nachhaltigkeit liegen umfangreiche Untersuchungen von Baader (1933, 1942, S. 11 ff.), W. Mantel (1959, S. 8 ff.), Richter (1963, S. 39 ff.), Saari (1950) und Zürcher (1965) vor.

2) Eine sehr ähnliche Auffassung vertritt McSloan, Royal Commissioner of Forestry in British Kolumbien: Sustained yield is "a perpetual yield of wood of commercially useable quality from regional areas in yearly or periodic quantities of equal or increasing volume" (Sloan 1956). Eine ähnliche Auffassung vertritt auch Knuchel (1950, S. 26): „Als nachhaltig wird ein Forstbetrieb bezeichnet, der dauernd jährliche Nutzungen an hiebsreifem Holz liefert, im Gegensatz zum aussetzenden Betrieb und zum Raubbau".

3) Die Gleichmäßigkeit der Holzerträge wird auch von Baader (1942, S. 13) gefordert: „Nachhaltigkeit der Holzerträge ..." ist „... ein Streben nach der Dauer, der Stetigkeit und dem Gleichmaß höchster Holzerträge". Ähnlich W. Mantel (1959, S. 8 f.): „Unter Nachhaltigkeit soll das Streben nach der Dauer und der Gleichmäßigkeit der jährlichen Holznutzungen nach Höhe und Güte und der Einhaltung der Voraussetzungen hierzu verstanden werden".

4) Die Society of American Foresters (1958) definiert Nachhaltigkeit folgendermaßen: Sustained yield is the "Management of a forest property for continuous production with the aim of achieving, at the earliest practicable time, an approximate balance between net growth and harvest, either by annual or somewhat longer periods".

mungen regeln die Ausscheidung, die Bewirtschaftung und die Kontrollen der Schutzwälder im Hinblick auf Steinschlag, Lawinen, Hochwasserschäden, Erosionsschutz, Schneeverwehungen u. a. Im allgemeinen wurde bei diesen Bestimmungen angenommen, daß durch *Flächennachhaltigkeit* (Schutzwald), d. h. durch Erhaltung der Waldfläche und Kahlschlagsverbot, zugleich auch die Voraussetzungen für die Nachhaltigkeit der Schutzwirkungen erreicht wird.

6. In einigen Landschaftsschutzgebieten, in Forstbetrieben in der Nähe von Ballungszentren — wie z. B. dem Frankfurter Stadtwald — und in den Nationalparks der USA (WORRELL 1959) ist die *Nachhaltigkeit der Erholungsleistungen* oberstes Prinzip der Bewirtschaftung.

7. Die *Nachhaltigkeit der Vielfachnutzungen* ist seit der Kenntnis der vielseitigen Wirkungen des Waldes schon bei den Forsteinrichtungsplanungen des 19. Jahrhunderts praktisch berücksichtigt worden, ohne daß diese Form der Nachhaltigkeit mit einem besonderen Namen belegt worden wäre. Bereits vor einem Jahrhundert gab VON HAGEN (1867, S. 123) eine Formulierung für die Nachhaltigkeit der Vielfachnutzungen: „Die preußische Staatsforstverwaltung ... glaubt, ... sich der Verpflichtung nicht entheben zu dürfen, bei der Bewirtschaftung der Staatsforsten das Gesamtwohl der Einwohner des Staates ins Auge zu fassen, und dabei sowohl die dauernde Bedürfnisbefriedigung auf Holz und andere Waldprodukte, als auch die Zwecke berücksichtigen zu müssen, denen der Wald nach so vielen Richtungen hin dienstbar ist. Sie hält sich ... für verpflichtet, die Staatsforsten als ein der Gesamtheit der Nation gehörendes Fideikommiss so zu behandeln, daß der Gegenwart ein möglichst hoher Fruchtgenuß zur Befriedigung ihres Bedürfnisses an Waldprodukten und an Schutz durch den Wald zugute kommt, der Zukunft aber ein mindestens gleich hoher Fruchtgenuß von gleicher Art gesichert wird." DIETERICH (1941) hat mit der Forderung, die Nachhaltigkeit auf alle Funktionen des Waldes, d. h. nicht nur auf die Marktleistungen des Betriebes, sondern auch auf die landeskulturellen und volkskulturellen Leistungen zu beziehen, die besondere Stellung der Nachhaltigkeit der Vielfachnutzungen hervorgehoben. Die Nachhaltigkeit der Vielfachnutzungen wird ebenso von KUHN (1958), LEIBUNDGUT (1949) und RICHTER (1955) vertreten und findet sich in den meisten Vorschriften für die Forsteinrichtung. In Baden-Württemberg (1971, S. 5) wird z. B. bestimmt: „Aufgabe der Forstwirtschaft ist die Sicherung der vielfältigen Funktionen des Waldes im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen nachhaltigen Nutzung und Pflege der Wälder. Der Wald hat für den Waldeigentümer und die Allgemeinheit wirtschaftliche Leistungen zu erbringen, die sowohl in der Erzeugung bestimmter Güter als auch im Erbringen bestimmter Infrastruktur- und Dienstleistungen bestehen". In den USA ist die Nachhaltigkeit der Vielfachnutzung für die Nationalforsten durch Gesetz vorgeschrieben[5]).

8. In der Sowjetunion wurde nach ALGVERE (1966, S. 233 ff.) das Prinzip der Nachhaltigkeit etwa während der Zeit von 1930 bis 1960 als ungeeignet für die Forsteinrichtungsplanung betrachtet. Dem Nachhaltsprinzip oder „Prinzip der einfachen Reproduktion" als einem Prinzip der kapitalistischen Wirtschaftstheorie wurde das Prinzip von der *erweiterten Reproduktion* als Forderung der marxistischen Wirtschaftstheorie entgegengestellt.

Auf die Forstwirtschaft angewendet, würde das Prinzip der erweiterten Reproduktion bedeuten, daß die Leistung der Forsten und der absolute Beitrag der Forstwirtschaft zum Bruttosozialprodukt stetig gesteigert werden muß. Als Mittel dazu werden Neuaufforstung und Steigerung des Zuwachses durch Anhebung der Vorräte bis zum Normalvorrat angesehen.

ALGVERE hat nachgewiesen, daß das Prinzip der erweiterten Reproduktion in der Vergangenheit der russischen Forsteinrichtungsplanung nicht nur nicht erreicht wurde, sondern auch nicht mit den Bedingungen der forstlichen biologischen Produktion vereinbar ist. Diese Diskrepanz ist offensichtlich auch von den sowjetischen Fachleuten erkannt worden und hat durch ABRAMOVICH (1962) zu einer „Ehrenerklärung" für die Nachhaltigkeit geführt: „The realisation of expanding socialist reproduction in forest management is inseparable from adherence to the principle of sustained yield forestry ... The necessity for following the principle of sustained yield has been expressed already in the first Forest Law, issued by the Soviet Goverment ... and signed by V. I. LENIN (1918) ..." (zitiert nach ALGVERE 1966, S. 242).

### 3. Begründung der Nachhaltigkeit

Jeder Betrieb mit langfristigem Anlagevermögen hat die Absicht, fortdauernd zu existieren. Andernfalls könnten Investitionen mit einer Lebensdauer von mehreren Jahrzehnten nicht motiviert werden. Der Betrieb ist bereit, zur Sicherung seines Daseins auf hohe Gewinne zu verzichten und Investitionen zur Abwendung künftiger Gefahren zu übernehmen. Im allgemeinen werden nur soviel Gewinne entnommen, daß das Kapital und die Fähigkeit des Betriebes erhalten bleiben, auch künftige Leistungen hervorzubringen und Gewinne zu erzielen. ALGVERE (1963, S. 118 ff.) bezeichnet daher Gewinnstreben und Überleben des Betriebes als komplementäre Ziele, da „kontinuierliches Dasein" der Betriebe eine wesentliche Motivation für wirtschaftliche Handlungen ist.

Die Erhaltung dauernder und optimaler Leistungsfähigkeit des Betriebes ist definitionsgemäß nichts anderes als Nachhaltigkeit. Das Nachhaltsprinzip wird nicht nur im Forstbetrieb, sondern in Betrieben der verschiedensten Wirtschaftszweige angewandt, wenn dabei z. T. auch andere Begriffe verwendet werden wie nominelle oder reale Kapitalerhaltung, reproduktive oder leistungsäquivalente Substanzerhaltung, Erfolgskapitalerhaltung u. ä.

Die Begründung der Nachhaltigkeit als Prinzip der Existenzerhaltung wird noch durch weitere Überlegungen ergänzt:

1. Die regelmäßige Deckung des Holzbedarfs war die erste und wichtigste volkswirtschaftliche Begründung des Nachhaltsprinzips im 18. und 19. Jahrhundert. Wegen der unzulänglichen Wegeverhältnisse und Transportmittel konnte das schwere, sperrige Holz nur über kurze Entfernungen transportiert werden. Daher war eine ausreichende Bedarfsdeckung nur auf der Grundlage einer lokalen einzelbetrieblichen Nachhaltigkeit möglich. Eine regionale Nachhaltigkeit, d. h. ein Ausgleich von Überschuß und Mangel in größeren Gebieten, war keine Lösung des Problems der Bedarfsdeckung.

Wenn diese Bedingungen in der Gegenwart auch nicht mehr im gleichen Umfang zutreffen, so begrenzen auch heutzutage die steigenden Transportkosten den Beschaffungsradius (LÖFFLER 1960), der um so kleiner wird, je geringwertiger die Holzsorten sind. Daher sind die Holzverbraucher an einer möglichst nahe gelegenen Rohstoffquelle interessiert und honorieren die Nähe der Rohstoffquelle eventuell sogar mit höheren loco-Wald-Preisen.

Da ein immer stärkerer Trend zur Kapazitätserweiterung der einzelnen Holzindustriebetriebe besteht (LÖFFLER 1968), wächst das Interesse der Holzverbraucher an regelmäßiger, wenn auch nicht gleichhoher Holzbelieferung; es äußert sich zum Teil in dem Abschluß langfristiger Lieferverträge mit großen Forstbetrieben. Der Abschluß derartiger Lieferverträge fördert wegen der Planungsstabilität und der Absatz- sowie Preisgarantie die Nachhaltigkeit.

5) Multiple Use Sustained Yield Act of June 12, 1960 (P. L. 86-517): "... sustained yield of the several products and services" is meaning "the achievement and maintenance in perpetuity of a highlevel annual or regular periodic output of the various renewable resources of the National Forests without impairment of the productivity of the land" (zitiert nach GREELEY 1966).

2. Die Notwendigkeit einer regelmäßigen Lieferung von Infrastrukturleistungen durch den Forstbetrieb ist offenkundig. Die Schutzwirkungen, Wasser und Erholungsleistungen müssen permanent „geliefert" werden, denn der Wert dieser Leistungen liegt gerade darin, daß sie ohne Unterbrechung zur Verfügung stehen.

3. Je regelmäßiger und kontinuierlicher die Kapazitäten ausgenutzt werden, um so höher sind im allgemeinen die betrieblichen Leistungen und um so geringer die Kosten. Das gilt sowohl für die Auslastung der Verwaltungsorganisation des Betriebes (Verwaltungspersonal, Gebäude, Fahrzeuge) als auch besonders für die Arbeitskräfte, die nur dann dem Betrieb erhalten bleiben, wenn eine dauernde, regelmäßige Beschäftigung gewährleistet ist. Abgesehen davon sind die Arbeitskosten je Einheit (Festmeter, Stück) um so niedriger, je mehr sich der Beschäftigungsgrad dem Wert 100 nähert. Die Leistungs- und Kostenvorteile bei dauernder Auslastung gelten ebenso für den Maschinenpark des Betriebes und für den Unternehmereinsatz (Transportfirmen, Wegebaufirmen).

4. Nachhaltigkeit im Forstbetrieb bedeutet ferner regelmäßige Einkommen und größere Liquidität. Der Waldeigentümer ist wegen seiner finanziellen Verpflichtungen (Grundsteuern, Versicherungen, persönliche Unterhaltspflichten) an Regelmäßigkeit bzw. nicht all zu großen Schwankungen der Einnahmen interessiert. Das gilt nicht nur für den Privatwaldbesitz, sondern auch für den öffentlichen Waldbesitz, da Parlamente und Finanzminister auf Kontinuität der Einnahmen und Ausgaben bedacht sind. Regelmäßige Einnahmen und Ausgaben lassen einen günstigeren Ausgleich der Zahlungsströme, d. h. eine höhere Liquidität zu.

5. Die Produktionssicherheit des Forstbetriebes wird bei nachhaltiger Bewirtschaftung erhöht. Nach Davis (1966, S. 99 ff.) können die Waldbrand-, Insekten- und andere Gefahren durch regelmäßigere Arbeitsabläufe herabgesetzt werden, weil diese offenbar die zeitliche Anpassung der Arbeitskapazität an die meist streng terminierten Gegenmaßnahmen begünstigen. Die Kalamitäten, die in der westdeutschen Forstwirtschaft nach dem zweiten Weltkrieg auftraten, sind sicher zum Teil eine Bestätigung für diese Ansicht von Davis; während des zweiten Weltkrieges hatte Arbeitskräftemangel die Einstellung oder Vernachlässigung verschiedener forstlicher Arbeiten (z. B. Entrindung von Fichte) erzwungen. Diese unregelmäßige und nicht nachhaltige Bewirtschaftung führte zu großen Borkenkäfer-Kalamitäten.

6. Nachhaltigkeit ist Voraussetzung für die Stabilität der forstlichen Organisation, die ein bestimmtes Maß an Kontinuität des Handelns voraussetzt. Die Organisation kann um so zweckmäßiger und kostengünstiger gestaltet werden, je größer der Anteil regelmäßiger, wiederkehrender Tätigkeiten ist. Dadurch wird gleichzeitig die Flexibilität, d. h. der Spielraum für Anpassungen an extreme wirtschaftliche Wechsellagen erweitert.

7. Abgesehen von diesen ökonomischen Vorteilen findet das Prinzip der Nachhaltigkeit eine sehr starke Motivation in der sozialethischen Verpflichtung der Waldeigentümer gegenüber künftigen Generationen.

### 4. Voraussetzungen der Nachhaltigkeit

Die Forderungen der Nachhaltigkeit können nur dann erfüllt werden, wenn die folgenden Voraussetzungen gegeben sind:

1. *Mindestfläche des Betriebes:* Die Kontinuität der Leistungen kann im schlagweisen Hochwald wegen der Langfristigkeit der Produktion und der räumlichen Trennung der Altersklassen nur auf größerer Fläche erreicht werden. Diese Mindestfläche wird u. a. beeinflußt von der Holzart, der Bodengüte, der Ertragsklasse und der Produktionsdauer. Unter mitteleuropäischen Verhältnissen liegt die Mindestfläche etwa zwischen 50 und 150 Hektar. Bei hohen Holzartenleistungen und bei kurzer Produktionsdauer kann die Mindestfläche niedriger sein und umgekehrt. Wenn die Mindestfläche im Einzelbetrieb nicht vorhanden ist, kann sie eventuell durch Zusammenschlüsse mehrerer Betriebe geschaffen werden.

Bei Naturwäldern wird wegen der relativ geringen Zuwachsleistung je Hektar die Mindestfläche im allgemeinen beträchtlich höher liegen. Im Plenterwald ist die Mindestfläche dagegen wesentlich geringer (5 bis 10 ha), weil hier durch das Vorkommen aller Stärkeklassen auf kleinster Fläche eine dauernde Nutzung marktfähiger Hölzer möglich ist.

Eine Mindestfläche ist auch mit Rücksicht auf die Infrastrukturleistungen des Forstbetriebes erforderlich, da Schutz-, Filter-, Erholungswirkungen usw. erst bei größeren Waldkomplexen eintreten. Abgesehen von Ausnahmefällen (Hochgebirge, Trockengebiete der Subtropen, Wasserlieferung) ist jedoch die für die Nachhaltigkeit der Infrastrukturleistungen erforderliche Mindestfläche meist geringer als diejenige für die Nachhaltigkeit der Holznutzungen.

2. *Mindestkapazitäten:* Der Holzvorrat muß eine bestimmte Höhe und Stärkenstruktur aufweisen bzw. langfristig erreichen können, um marktfähige Leistungen hervorbringen zu können.

Verfügbarkeit von Arbeitskräften (Waldarbeiter, Techniker, Betriebsleiter) ist eine weitere Bedingung, um betriebliche Aufgaben ausführen zu können. Ferner ist eine minimale Ausstattung mit Arbeitsmitteln (Maschinen, Geräte, Zugtiere usw.) erforderlich.

Eine Mindestkapazität des Transportsystems im Forstbetrieb (Transportwege und Transportmittel) muß die Bringung und Beförderung der Produkte ermöglichen.

3. *Gebot der Wiederaufforstung:* Blößen innerhalb der Waldfläche sind unverzüglich wieder aufzuforsten. Das Gebot der Wiederaufforstung ist die Maximalforderung der Flächennachhaltigkeit und der Nachhaltigkeit der Holzerzeugung. Das Gebot unverzüglicher Wiederaufforstung ist besonders zwingend in Waldteilen mit protektiver Funktion und in den Tropen wegen der Labilität der Böden.

4. *Produktionssicherheit:* Die Kontinuität der Holznutzungen und der Infrastrukturleistungen ist gefährdet, wenn nicht ein Mindestmaß an Produktionssicherheit erreicht ist. Die Produktionssicherheit kann durch standortsgemäße Holzartenwahl, durch räumliche Ordnung, vorbeugende Maßnahmen und Einrichtung einer Warn- und Bekämpfungsorganisation erhöht werden.

5. *Erhaltung der Standortsleistungsfähigkeit:* Kontinuität des Forstbetriebes bedeutet Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Bodens als eines der wichtigsten Produktionsfaktoren. Die Standortsleistungsfähigkeit kann durch die Holzartenwahl, waldbauliche Behandlungsmethoden, Meliorationen, Düngung und unverzügliche Wiederaufforstung gesichert werden.

6. *Verhältnis zwischen Einschlag und Zuwachs:* Eine Annäherung der Einschlagsmenge (E) an die Höhe des Zuwachses ($DGZ_u$) wird langfristig durch Änderung der Vorratshöhe und die Stärkengliederung angestrebt ($E = DGZ_u$). Diese „Endphase" eines Nachhaltsbetriebes wird selten oder nie erreicht, weil der tatsächliche Vorrat ($V_w$) und der angestrebte Vorrat ($V_s$) meist voneinander abweichen. Bei Untervorrat ($V_s > V_w$) werden zum Aufbau der angestrebten Vorratshöhe Teile des Zuwachses durch geringeren Einschlag ($E < Z$) eingespart werden; während im umgekehrten Falle ($V_w > V_s$) meist ein Vorratsabbau durch höheren Einschlag ($E > Z$) zulässig ist, ohne daß dadurch die Nachhaltigkeit beeinträchtigt würde.

7. *Angemessene Liquidität:* Die Finanzierung aller Maßnahmen, die als Voraussetzung für die Nachhaltigkeit gelten, muß gesichert sein, d. h. der Betrieb muß einen angemessenen Grad der Liquidität erreichen. Insbesondere müssen die Geldmittel für die Schaffung und Erhaltung der Mindestkapazitäten, für die Aufforstung, für die Maßnahmen im Interesse der Produktionssicherheit und

der Erhaltung der Standortsleistungsfähigkeit sowie für eventuelle Betriebserweiterungen vorhanden sein.

In Privatforstbetrieben muß die Liquidität langfristig durch entsprechende Reinerträge oder durch Holz- und Geldreserven gesichert sein, da die Fremdfinanzierung wegen der Diskrepanz zwischen Kredit- und internem Zinsfuß in Mitteleuropa auf wenige Fälle beschränkt ist.

8. *Volkswirtschaftliche Voraussetzungen:* Außer den betrieblichen Voraussetzungen der Nachhaltigkeit müssen einige volkswirtschaftliche Bedingungen erfüllt sein, damit die Forstbetriebe nachhaltig wirtschaften können. Dazu rechnet z. B. die Existenz regionaler Märkte und ein Mindestmaß an infrastrukturellen Einrichtungen. In Industrieländern sind diese Voraussetzungen im allgemeinen erfüllt. In Entwicklungsländern dagegen fehlen sie häufig ganz oder teilweise für große Regionen, so daß sich keine nachhaltige Forstwirtschaft entwickeln kann. In Ausnahmefällen haben Forstbetriebe in diesen benachteiligten Gebieten durch Integration mit der Holzindustrie und durch eigenen Ausbau der Infrastruktur selbst diese „volkswirtschaftlichen" Voraussetzungen für die Nachhaltigkeit und damit zugleich einen Nucleus für die Entwicklung des Landesinneren geschaffen (ALGVERE 1969, WESTOBY 1962, ZIVNUSKA 1966, SPEIDEL 1966).

Die Existenz eines Nachhaltsbetriebes beruht offensichtlich nicht nur auf naturalen, sondern auch auf wirtschaftlichen Voraussetzungen. Naturale und wirtschaftliche Nachhaltigkeit sind komplementäre Bedingungen für die Kontinuität forstbetrieblicher Leistungen. Ohne naturale Nachhaltigkeit existiert keine ökonomische Kontinuität, aber ohne die wirtschaftlichen Voraussetzungen können auf die Dauer keine Holzprodukte und Infrastrukturleistungen geliefert werden.


## Zusammenfassung

Nachhaltigkeit wird definiert als die Fähigkeit des Forstbetriebes, dauernd und optimal Holznutzungen, Infrastrukturleistungen und sonstige Güter zum Nutzen der gegenwärtigen und der künftigen Generationen hervorzubringen. Die Kontinuität eines Zustandes wird als statische Nachhaltigkeit, die Kontinuität einer Leistung als dynamische Nachhaltigkeit bezeichnet.

In der Praxis sind je nach Wirtschaftsziel und herrschender Wirtschaftstheorie im Verlauf der Geschichte die Nachhaltigkeit der Holzerträge (HARTIG), der Holzerzeugung (C. HEYER) und der Gelderträge (OSTWALD), der Schutzwirkungen, der Erholungsleistungen und des multiple use sowie die Vorratsnachhaltigkeit und die Wertsnachhaltigkeit (v. ARNSWALDT) verfolgt worden.

Als sachliche Gründe für die Einhaltung des Nachhaltsprinzips werden erörtert: (1) Streben nach kontinuierlichem Dasein des Betriebes, (2) regelmäßige Deckung des Bedarfs an Holz und Infrastrukturleistungen, (3) kostengünstige Auslastung der Kapazität, (4) Liquidität, (5) Produktionssicherheit, (6) Stabilität der Organisation, (7) Sozial-ethische Verpflichtung.

Als Voraussetzungen der Nachhaltigkeit werden diskutiert: (1) Mindestfläche des Betriebes, (2) Vorhandensein von Mindestkapazitäten (Holzvorrat, Arbeitskräfte etc.), (3) Gebot der Wiederaufforstung, (4) Produktionssicherheit, (5) Erhaltung der Standortleistungsfähigkeit, (6) bestimmte Relation zwischen Holzzuwachs und Einschlag, (7) Angemessene Liquidität und (8) Volkswirtschaftliche Voraussetzungen (Infrastruktur).



## Résumé

Titre de l'article: *La pérennité — formulations et conditions de cette loi forestière fondamentale.*

La «pérennité» est définie comme la possibilité pour une exploitation forestière d'assurer, une fourniture de bois constante et optimale, les infrastructures et d'autres biens à l'usage des générations présentes et futures. La continuité d'un état est définie comme une «pérennité statique» et le maintien d'une production comme une «pérennité dynamique».

Dans la pratique forestière, suivant les objectifs économiques et la théorie économique dominante, on rencontre au cours de l'histoire : la pérennité de la récolte de bois (HARTIG), de la production de bois (G. HEYER), du revenu en argent (OSTWALD), du rôle de protection, de récréation et des „multiple use", du volume sur pied et de la valeur enfin (v. ARNSWALDT).

Sont discutés = comme bases concrètes nécessaires au respect du principe de pérennité:

1. Recherche d'une existence continue de l'exploitation
2. Couverture régulière des besoins en bois et réalisation des infrastructures
3. Equilibre entre la capacité et les coûts
4. Liquidités
5. Sûreté de la production
6. Stabilité de l'organisation
7. Rôle social

= comme conditions de la pérennité

1. Superficie minimale de l'exploitation
2. Existence de capacités minimales (volume sur pied, main d'oeuvre, etc)
3. Obligation de la régénération
4. Sécurité de la production
5. Maintien de la productivité stationnelle
6. Relation exacte entre l'accroissement et la coupe
7. Liquidités appropriées
8. Point de vue économique (infrastructure).

J. M.



## Summary

Title of the paper: *The sustained yield principle — types and conditions of this basic concept of forestry.*

The sustained yield principle is defined as the capability of the forest estate to produce permanently and optimally timber, infrastructural services and other goods to the benefit of present and future generations. Continuity of a certain state is termed static sustained yield concept, the continuity of a performance dynamic sustained yield concept.

Forestry practice has adopted several different principles of sustained yield according to management objectives and ruling economic theory: timber yields (HARTIG), money yields (OSTWALD), protective and recreational functions, level of growing stock, and finally value of production (v. ARNSWALDT).

Objective reasons for the acceptance of the sustained yield principle are discussed: (1) desire of the business to survive, (2) regular supply of existing timber and infrastructural demands, (3) full use at low cost of capacities, (4) liquidity, (5) security of production, (6) stability of organization, (7) socio-ethical responsibility.

Conditions of the principle are: (1) a minimum area of the estate, (2) minimum capacity (growing stock, labour), (3) obligation to reafforest, (4) security of production, (5) maintenance of the site potential, (6) certain ratio of growth to yield, (8) certain national economic conditions (infrastructure).

E. F. B.


## Literatur


ALGVERE, K. V., 1966: Forest Economy in the U.S.S.R. An Analysis of Soviet Competitive Potentialities (Skogsekonomi i Sovjetunion med en analys av landets potentiella konkurrenskraft). Studia Forestalia Suecia Nr. 39 Stockholm. — Ders., 1969: Development Economics of Forestry. In:

Forest Economics. Hrsg. A. Svendsrud, Universitätsverlag, Oslo-Bergen-Tromsö, 289 - 303. — Arnswaldt, H. J. von, 1953: Wertkontrolle. Allg. Forstzeitschrift 8, 408 - 410. — Baader, G., 1953: Die Theorie des Nachhalts- und Normalwaldes, ihre geschichtliche Wandlung und Bedeutung für die Gegenwart. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 109, 309 - 323 und 365 - 380. — Ders., 1942: Forsteinrichtung als nachhaltige Betriebsführung und Betriebsplanung (2. Aufl. 1945), J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. — Baden-Württemberg, 1971: Dienstanweisung für die Forsteinrichtung in den Staats- und Körperschaftswaldungen (FED 1970). Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg, 245 - 278. — Carlowitz, H. C. von, 1713: Sylvicultura Oeconomica oder Hauszwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baumzucht. Leipzig. — Davis, K. P., 1966: Forest Management: Regulation and Valuation, 2. Aufl. New York - Toronto - London. — Dieterich, V., 1941: Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Bd. III. Erfolgsrechnung - Zielsetzung. Berlin und Hamburg. — Greeley, A. W., 1966: Integration of Forest Development Plans and National Development Plans. The Administration and Operational Problems and Possible Solutions. Proceedings of the Sixth World Forestry Congress, Volume 1, 583 - 590, Madrid. — Hagen, O. von, 1867: Die forstlichen Verhältnisse Preußens. Bd. I. Berlin. — Hartig, G. L.: 1795: Anweisung zur Taxation der Forste, oder zur Bestimmung des Holzertrags der Wälder. Gießen. (weitere Aufl. 1804, 1813, 1819). — Heyer, C., 1841: Die Waldertrags-Regelung. Gießen. — Johnston, D. R., Grayson, A. J., and Bradley, R. T., 1967: Forest Planning. London. — Judeich, F., 1871: Die Forsteinrichtung. Dresden. (8. Aufl. Berlin 1923). — Knuchel, H., 1950: Planung und Kontrolle im Forstbetrieb. Aarau. — Kuhn, H., 1958: Die Nachhaltigkeit als forstwirtschaftspolitisches Postulat. Cbl. f. d. ges. Forstw. 75, 4 - 17. — Leibundgut, H., 1949: Grundzüge der schweizerischen Waldbaulehre. FwCbl 68, 257 - 291. — Löffler, H. D., 1968: Prognose für Holzverwertung und -verwendung. FA 39, 165 - 171. — Mantel, W., 1959: Forsteinrichtung. 2. Aufl. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. — Ostwald, E., 1931: Grundlinien einer Waldrententheorie, d. h. einer im Anhalt an das relative Waldrenten-Maximum entwickelten forstlichen Reinertragstheorie. Riga. — Richter, A., 1963: Einführung in die Forsteinrichtung. Radebeul. — Saari, E., 1950: The Sustained Yield in Forestry. Proceedings of the Third World Forestry Congress. Special Papers No. 3, Helsinki, 277 - 279. — Sloan, G. McG., 1956: The forest resources of British Columbia. Report of the Commissioner. Vol. I and II. Victoria, B. C. Canada. — Society of American Foresters, 1958: Forest terminology — A glossary of technical terms used in forestry. 3. Aufl. Hrsg. Soc. of Amer. Foresters, Washington, D. C. — Speer, J., 1949: Rückkehr zur Nachhaltigkeit, eine Frage der Wirtschaftsordnung. FwCbl 68, 529 - 535. — Speidel, G., 1967: Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Eine Einführung. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. — Wagner, Chr., 1928: Lehrbuch der theoretischen Forsteinrichtung. Verlag Paul Parey, Berlin. — Westoby, J. C., 1962: Forest Industries in the Attack on Economic Underdevelopment. Unasylva 16, 168 - 201. — Worrell, A. C., 1959: Economics of American Forestry. John Wiley & Sons, New York. — Zivnuska, J. A., 1966: The Integration of Forest Development Plans and National Development Plans. How to make the Forestry Case at the National Level. Proceedings of 6th World Forestry Congress. Madrid, 557 - 566. — Zürcher, H. U., 1965: Die Idee der Nachhaltigkeit unter spezieller Berücksichtigung der Gesichtspunkte der Forsteinrichtung. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Versuchswesen, Bd. 41, 87 - 218. Zürich (Diss. Eidgen. Techn. Hochschule, Zürich Prom.-Nr. 3688).

## Buchbesprechungen

**Die Waldkrankheiten.** Ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. Von Dr. habil. Fritz Schwerdtfeger. o. Prof. em. an der Universität Göttingen, Landforstmeister und Abteilungsleiter bei der Niedersächsischen Versuchsanstalt in Göttingen. *3., neubearbeitete Auflage.* 1970. 509 Seiten mit 256 Abbildungen. Lex. 8°, in Leinen DM 68,—. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Völlig neu bearbeitet und auf den derzeitigen Stand des Wissens und der Technik gebracht, erscheint in rascher Folge bereits die dritte Auflage dieses zum Standardwerk gewordenen Lehrbuches. Sie folgt in Aufbau und Inhalt dem gleichen Grundgedanken, der auch die früheren Auflagen bestimmte.

Das Werk umfaßt in sieben Teilen das Gesamtgebiet der Forstpathologie und des Forstschutzes: I. Teil: *Grundlagen der Forstpathologie und des Forstschutzes*; II. Teil: *Abiotisch bedingte Krankheiten* (Feuerschäden, Krankheiten durch Luftverunreinigung, Schäden durch Licht, Hitze, Frost, Sturm, Schnee, Hagel u. a.); der III. Teil, der der größte ist, beschäftigt sich mit den *pathozönen Organismen* und erstreckt sich von den Viren, Bakterien über die Pilze bis zu dikotylen Schmarotzern und im zoologischen Bereich von den Würmern, Spinnen, Tausendfüßlern über die Insekten zu den Schnecken, Vögeln und Säugetieren. Er schließt mit einem Abschnitt über die Massenentwicklung der pathogenen Organismen. IV. Teil: *Disposition und Resistenz des Waldes*; V. Teil: *Krankheitsverlauf und Krankheitserscheinungen*; VI. Teil: *Wirtschaftliche Auswirkungen der Waldkrankheiten* (Waldhygiene und Waldtherapie). VII. Teil: *Verhütung und Bekämpfung der Waldkrankheiten* (Waldhygiene und Waldtherapie).

Der Umfang ist also gewaltig und nötigt zu größtem Respekt vor der Arbeit des Verfassers. Mag man im einzelnen hier und da kritisch diskutieren können, im ganzen ist auch diese 3. Auflage eine großartige Leistung, da ihr Sachgehalt mit der Literatur bis Mitte 1969 auf den derzeitigen Wissensstand gebracht und auch die Zahl der Abbildungen wesentlich vermehrt wurde. Der Referent begrüßt die Neuauflage deshalb außerordentlich dankbar.

Als Gesamtdarstellung der Lehre vom kranken Wald wendet sich das Buch in erster Linie an den Studenten der Forstwirtschaft, an den praktischen Forstmann und an den Forstwissenschaftler. Darüber hinaus gibt es dem in benachbarten Wissensfächern Arbeitenden, insbesondere dem Botaniker, dem Phytopathologen, dem Zoologen und Entomologen sowie dem Ökologen ein anschauliches Bild von der großen Mannigfaltigkeit des Geschehens in der so vielfältig aufgebauten Lebensgemeinschaft des Waldes. Für alle diejenigen, die im allgemeinen Pflanzenschutz, in der Pflanzenschutzmittel- und in der Geräteindustrie tätig sind, ist das Buch ein wertvolles Nachschlagwerk. H. J. Braun

**Die Naturschutzgebiete der Bundesrepublik Deutschland.** Von Herbert Ant und Hartmut Engelke. Veröffentlicht als Heft 145 der Schriftenreihe „Landwirtschaft — Angewandte Wissenschaft". Herausgeber: Bundesanstalt für Vegetationskunde, Naturschutz und Landschaftspflege, 53 Bonn-Bad Godesberg, Heerstr. 110.

Mit dem vorliegenden Band ist die erste, zusammenfassend und einheitlich bearbeitete Monographie der Naturschutzgebiete der Bundesrepublik Deutschland erschienen. Damit ist eine schon nach Inkrafttreten des Reichsnaturschutzgesetzes 1935 als notwendig erkannte Aufgabe durch die Arbeit der Bundesanstalt für Vegetationskunde, Naturschutz und Landschaftspflege abgeschlossen worden. Neben der Angabe aller wichtigen Daten (Landkreis, Kreiskennzahl, Gemeinde bzw. Gemarkung, Verordnung und Angabe der Kartenausschnitte (Meßtischblätter)), sind für jedes Naturschutzgebiet eine kurze Beschreibung der erlaubten Nutzungen, sowie die Gründe für die Unterschutzstellung angegeben. Eine gute Übersicht zur Lage und Verteilung der Naturschutzgebiete ermöglicht die beigegebene Karte im Maßstab 1 : 1 000 000.

U. Ammer

Herausgeber: Prof. Dr. G. Mitscherlich, Freiburg i. Br., Bertoldstr. 17 und Prof. Dr. R. Schober, 34 Göttingen, Ludwig-Beck-Str. 9/III. Verlag: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., Finkenhofstraße 21. — Anzeigenverwaltung: Winfrid Groth, 6085 Nauheim, Rüsselsheimer Str. 5/7. — Druck: Graph. Kunstanstalt Wilhelm Herr, 63 Gießen 2, Walltorstr. 57, Postfach 2508. — Printed in Germany.

# Inhaltsverzeichnis

der ALLGEMEINEN FORST- UND JAGDZEITUNG, 142. Jahrgang, 1971

## Aufsätze

**Standortskunde und Düngung**



**Forsteinrichtung und Betriebswirtschaft**



**Photogrammetrie**



## Literarische Berichte

**Forstwissenschaft im allgemeinen, Forstgeschichte**



**Waldbau, Ertragskunde und Ökologie**



**Landespflege**



**Forstbotanik und Forstpflanzenzüchtung**

## Nachrichten und Notizen



## Namensverzeichnis

(Die fettgedruckten Zahlen bezeichnen die Originalaufsätze der Verfasser)

# Sachregister

141-142 1970-71


UNIVERSITY OF MINNESOTA
3 1951 D00 403 021 4